

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut fyziky

**Měření pomocí GNSS stanice a porovnání přesnosti
výsledků**

**Measurement using a GNSS station and comparison of
the accuracy of the results**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Tomáš Holan

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Zdeněk Neustupa

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Tomáš Holan

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3902T064 Systémové inženýrství v průmyslu

Téma:

Měření pomocí GNSS stanice a porovnání přesnosti výsledků.
Measurement using a GNSS station and comparison of the accuracy of
the results.

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Výběr GNSS stanice
3. Měření pomocí GNSS stanice
4. Výstupy měření
5. Porovnání přesnosti výsledků měření CAD systému s ručním výpočtem
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Švábenský, O., Fixel, J. a Weigel, J.: *Základy GPS a jeho praktické aplikace*. . Brno: CERM, 1995. 123s. ISBN: 80-214-0620-8
- [2] Rapant, P.: *Družicové polohové systémy*. . Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002. 200s. ISBN: 80-248-0124-8
- [3] Mervart L., Cimbálník M.: *Vyšší geodézie 2.* . Skriptum. Ediční středisko ČVUT 1997.
- [4] NEUSTUPA, Z. *Aplikace informačních technologií pro modelování a tvorbu krajiny po hornické činnosti – Habilitační práce*. Ostrava: VŠB Ostrava, 2006. 186 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr.Ing. Zdeněk Neustupa**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018


doc. Dr. Ing. Michal Lesňák
vedoucí institutu




doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení autora diplomové práce

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. dubna 2018



Bc. Tomáš Holan

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá postupy a výstupy měření pomocí Globálního navigačního satelitního systému, především pak vyhodnocením přesnosti výsledků vycházejících z měření a porovnáním těchto výsledků se získanými digitálními modely terénu. Práce je rozdělena do tří částí. Část teoretická pojednává o výběru vhodného zařízení pro měření terénu, seznámení s funkcemi a uživatelským rozhraním tohoto zařízení. Na uvedenou část navazuje úsek teoreticko-praktický, který pojednává o možnostech výstupů z měření, konkrétně o digitálních modelech terénu. Závěrečnou částí, je část praktická. Ta popisuje postup měření terénu, získané výsledky a jejich zapracování do modelu terénu. Závěr praktické části naplňuje stanovený cíl, tedy porovnání výsledků získaných matematickým výpočtem a výsledků z měření. Součástí práce jsou také získané modely terénu s vazbou na možné využití měřených dat pro eliminaci matematických výpočtů.

Klíčová slova:

GNSS stanice, měření, výpočty, CAD systém, analýza, počítač, terén, mapy, výsledky, transformace, technologie, zeměměřičství, model terénu, měřený bod

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the procedures and outputs of the measurements using the Global Navigation Satellite System, especially by evaluating the accuracy of the results obtained from the measurements and comparing these results with the obtained digital terrain models. The work is divided into three parts. The theoretical part is about selecting a suitable terrain measurement device, getting to know the features and user interface of this device. This part follows the theoretical-practical section, which deals with the possibilities of measurement outputs, namely digital terrain models. The final part is a practical part. It describes the procedure of measuring the terrain, the results obtained and their incorporation into the terrain model. The conclusion of the practical part fulfills the stated objective, ie the comparison of the results obtained by the mathematical calculation and the results from the

measurement. Also included are terrain models that are linked to the use of measured data to eliminate mathematical computations.

Keywords:

GNSS station, measurement, calculations, CAD system, analysis, computer, terrain, maps, results, transformation, technology, surveying, terrain model, measured point

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	VÝBĚR GNSS STANICE	10
2.1	POŽADAVKY NA GNSS STANICI.....	11
2.2	NABÍDKY PŘÍSTROJŮ	11
2.2.1	GNSS sestava S-82T + S10 se SurvCE 5	13
2.2.2	GNSS sestava GALAXY G1 + S10 se SurvCE 5.....	14
2.2.3	GNSS přijímač SOUTH GALAXY G6 s X11 a SurvCE 5	17
2.2.4	GPS záznamník SOUTH X11.....	18
2.2.5	Focus 30 - motorizovaná bez hranolová totální stanice.....	19
2.3	MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA	20
2.3.1	Identifikace alternativ a kritérií.....	21
2.3.2	Ohodnocení (kvantifikace) kritérií.....	22
2.3.3	Přidělení vah (normalizace).....	22
2.3.4	Výpočet ohodnocení.....	23
3	MĚŘENÍ POMOCÍ GNSS STANICE	24
3.1	TRANSFORMACE MĚŘENÝCH BODŮ.....	26
3.1.1	Transformační programy bez volby identických bodů.....	27
3.1.2	Transformační programy pro transformaci pomocí místního klíče.....	27
3.2	STRUČNÝ ÚVOD K MĚŘÍCÍ STANICI ŘADY S-82T	28
3.2.1	Specifikace.....	28
3.2.2	Technologické specifikace	29
3.3	POČÍTAČ STAR ŘADY S-82T	30
3.3.1	Pohled na počítač.....	30
3.3.2	Rozhraní	31
3.3.3	Světelné indikátory přístroje	31
3.3.4	Nastavení přístroje	33
3.3.5	Vstup do pracovního módu	34
3.3.6	Datové spojení.....	35
3.3.7	Kontrola pracovního módu a spojení	36
3.4	UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ.....	38
3.4.1	Nastavení zakázky.....	38
3.4.2	Nastavení GPS přístroje.....	41
3.4.3	Měření.....	42

3.4.4	<i>Import a export</i>	45
4	VÝSTUPY MĚŘENÍ	47
4.1	DIGITÁLNÍ MODEL	47
4.2	NEPŘÍMÉ METODY SBĚRU DAT	49
4.2.1	<i>ZABAGED</i>	49
4.2.2	<i>Vektorizace analogových dat</i>	51
4.3	PŘÍMÉ METODY SBĚRU DAT	52
4.3.1	<i>Nivelace</i>	53
4.3.2	<i>Tachymetrie</i>	53
4.4	VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ	54
4.4.1	<i>Protokol určení bodů technologií GNSS</i>	55
4.5	TEORETICKÉ MĚŘENÍ	56
4.5.1	<i>Výpočet matematickou metodou</i>	56
4.5.2	<i>Informace o použitém CAD systému</i>	57
4.5.3	<i>Výpočet pomocí ArchiCADu</i>	58
4.6	PRAKTICKÉ MĚŘENÍ GNSS STANICÍ	60
4.6.1	<i>Model na základě měření GNSS stanicí</i>	60
4.6.2	<i>Model s polovičním počtem měřených bodů</i>	62
5	POROVNÁNÍ PŘESNOSTI VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ CAD SYSTÉMU S RUČNÍM VÝPOČTEM	64
5.1	POROVNÁNÍ PŘESNOSTI MODELU TERÉNU	65
5.1.1	<i>Měření terénu</i>	65
5.1.2	<i>Model terénu z nástroje BIMTech Tools</i>	68
5.1.3	<i>Model terénu ze systému ZABAGED</i>	68
5.2	POROVNÁNÍ VODOVODNÍ PŘÍPOJKY	69
5.2.1	<i>Porovnání modelů výkopku</i>	69
5.3	POROVNÁNÍ MODELU TERÉNU	71
5.3.1	<i>Porovnání modelu terénu (měřeného a BIMTech)</i>	74
5.3.2	<i>Porovnání modelu terénu (měřeného a ZABAGED)</i>	76
5.3.3	<i>Porovnání modelu terénu (ZABAGED a BIMTech)</i>	77
6	ZÁVĚR	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	82
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	88
	SEZNAM TABULEK	90

SEZNAM GRAFŮ	91
SEZNAM PŘÍLOH	92

1 ÚVOD

V době, kdy jsem přemýšlel o tématu pro diplomovou práci, které by pro mne bylo aktuální, zajímavé a přínosné, napadlo mě, že prostřednictvím této práce mohu provést výzkum, zdali je možné získat stejné výsledky měření pomocí dvou různých způsobů na vybrané části terénu.

První způsob měření lze provádět osvědčeným a po mnoho let využívaným způsobem, tedy matematickým výpočtem naměřených hodnot. V dnešním světě rozvoje vědy a přístrojů se sice jedná o metodu „zastaralou“, avšak stále uznávanou jako základní a spolehlivou.

Druhý způsob měření je možné uskutečnit s měřicí stanicí prodávající se pod názvem Global Navigation Satellite System neboli zkráceně GNSS. Měření pomocí této stanice je pro mě velmi lákavé, neboť se jedná o rychlejší způsob zpracování dat díky propojení moderních technologií.

V rámci stavební společnosti, ve které pracuji, jsme se rozhodli pořídit si stanici GNSS. Abychom však zvolili správný typ odpovídající našim požadavkům, bude nutné projít dostupné informace a získat nabídky od některých firem, jež si odsouhlasíme do užšího výběru. Následně budeme muset rozhodnout o koupi konkrétního přístroje. S výběrem nám může pomoci některá analýza, jíž si v průběhu rozhodování zvolíme.

Rád bych podrobně zjistil, na jakém principu stanice GNSS funguje, jak se s ní pracuje a co je k měření potřeba. Následně je pro mne také důležité získat přehled o údajích týkajících se možných způsobů sběru dat.

Cíl mé diplomové práce je dvoufázový.

První fáze se bude zaměřovat na množství nově získaných informací a vědomostí o výše popsaném tématu (tj. měření pomocí GNSS stanice a porovnání výsledků těchto měření), ke kterému se vztahuje spousta důležitých propojených systémů.

Druhá fáze bude obsahovat posouzení, zdali jsou obě použité metody výpočtu shodné, či nikoli. V případě neshody se pokusím najít vysvětlení, proč k této situaci došlo. Dále také věřím, že mi práce na výzkumu otevře některá nová témata k řešení.

2 VÝBĚR GNSS STANICE

Global Navigation Satellite System neboli zkráceně GNSS je celosvětový navigační systém, fungující na základě zpracování signálů, jenž vysílají družice. Prostřednictvím GNSS lze zjistit a určit prostorovou polohu fázového centra antény přijímače těchto signálů.

GNSS je využíván v rámci celého světa. Využití tohoto měřicího systému pro zeměměřičské činnosti a pro účely katastru nemovitostí je upraveno vyhláškou č. 31/1995 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Jedná se zejména o § 1, § 12a a bod 9 přílohy citované vyhlášky. [3]

Globální družicový navigační systém je služba, umožňující za pomoci signálů z družic určování polohy s velkou přesností. Kritérii signálů GNSS jsou aktuálnost v reálném čase, spojitost signálu a co nejširší pokrytí. Na základě zpracování signálů vysílaných družicemi Globálního navigačního družicového systému je možné určovat prostorovou polohu fázového centra antény přijímače těchto signálů. Aplikace využívající signály GNSS jsou hojně používány v silniční, železniční, letecké a námořní dopravě, ale i v dalších oblastech jako jsou telekomunikace, geodézie, zemědělství, vyhledávání ložisek nerostných surovin a těžba, ekologické pozorování země. Data jsou využívána celosvětově také pro předpověď možných přírodních katastrof. Družicová navigace je již dnes součástí každodenního života lidí, jako navigační systém v automobilech a mobilních telefonech, ale také například v bankovních systémech a v mnoha dalších službách. [8], [13], [17]

Při pořizování GNSS stanice je nutné si uvědomit k čemu má být stanice používána a kdo ji bude obsluhovat. Na trhu existuje celá řada výrobků s různými parametry, a to jak do přesnosti měření, tak do rychlosti měření. Dalším kritériem výběru je volba stanice podle počtu osob. Jedná se konkrétně o to, zda bude měření provádět jen jedna osoba, nebo osob několik. Také se zde nabízí výběr dle způsobu přenosu dat a s ním spojené poplatky. Celkem důležitým faktorem je pochopitelně cena. Ta se odvíjí od toho, zda chceme pořídit pouze GNSS přijímač, nebo kompletní sestavu včetně softwarového vybavení. Je tedy nutné stanovit si základní požadavky, jaké musí stanice splňovat, abychom si mohli vybrat přesný typ, jenž bude nejlépe splňovat naše pracovní požadavky. [8], [13], [17]

Pokud se firma rozhoduje o zakoupení GNSS stanice, musí si zvolit základní požadavky, které od práce s ní očekává. Na základě jasné vize pak společnost oslovuje

dodavatele. Ti přicházejí s několika vhodně zpracovanými variantami nabídek. Tyto nabídky je nutné následně vyhodnotit a dle nejlepšího návrhu zvolit stanici, jež bude kupující společnost k pracovním účelům využívat. [8], [13], [17]

2.1 Požadavky na GNSS stanici









V době, kdy jsme se v rámci stavební společnosti rozhodovali o pořízení GNSS stanice, jsme si stanovili základní požadavky s ohledem na předpokládané využití a obslužnost stanice. Požádali jsme několik dodavatelů o zaslání e-mailové nabídky na vhodný měřicí přístroj, který by nejlépe vyhovoval našim požadavkům na měření a na přenos dat do PC. Přesněji jsme požadovali přístroj, který zvládne obsluhovat pouze jedna osoba. Dále jsme v žádosti měli požadavek, aby stanice byla včetně softwarového vybavení, vstupního školení a uvedení všech nutných poplatků k provozu.

Nejdůležitějším kritériem v rozhodování pro nás bylo, aby přístroj dokázal vytyčit body dle zadaných souřadnic, a to konkrétně v systému S-JTSK s přesností několika centimetrů. Požadavek na vytyčování byl v souřadnicích x , y , z . Jedná se o vytyčení polohových bodů vyčtených z výkresové dokumentace včetně požadované výšky. Dalším specifickým požadavkem bylo, aby přístroj dokázal také samostatné měření bodů, a to opět v systému S-JTSK s přesností několika centimetrů. Znovu se zde jedná o požadavek na měření v souřadnicích x , y , z a to tak, aby bylo možné přeměřit skutečný stav, naměřená data přenést do PC ve formátu DWG a zpracovat dokumentaci dle skutečného provedení.

2.2 Nabídky přístrojů

Od vybraného dodavatele jsme se dočkali vstřícného jednání. Vzhledem k tomu, že jsme nebyli první, kdo se na něho s podobnou představou obrátil, poradil nám podle zkušeností, jak náš požadavek trochu upravit. Pro práci v terénu nám doporučil GNSS přístroj, který je ovládán programem SurvCE. Tento přístroj pracuje na platformě InteliCAD, která ukládá DXF výkresy, jež lze převádět do DWG, DGN či jiných formátů. Program také umožňuje kreslení a plnou práci s výkresem v terénu včetně vytyčování, přitahování k čarám a kreslení potřebných doplňujících prvků. Na základě toho pak není pro běžnou práci potřeba další vybavení či software. Součástí nabízené dodávky byl také program Transform, který vytváří protokoly o měření a vytyčování, což je velice důležité,

protože protokol z měření je brán jako základní výstup měření. Jako další variantu zmiňoval dodavatel totální stanici, tu nám však nedoporučoval, i přestože může být přesnější, protože tento přístroj většinou nenabízí tak jednoduché ovládání. Dále do své nabídky zahrnul i moderní plně robotizovanou totální stanici, která disponuje možností měření bez hranolu až do vzdálenosti 800 m.

 <p>GNSS RTK ROVER S660P + S10 se SurvCE Nejnovější 220 kanálový GNSS přijímač S660P s 3 letou zárukou je schopen sledovat GPS,</p> <p>99.900,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS přijímač SOUTH GALAXY G1 s S10 a SurvCE 5 Revoluční integrovaný GNSS přijímač GALAXY G1 s S10 a SurvCE s 2 letou zárukou je</p> <p>156.900,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS SOUTH S-82V + S10 se SurvCE 220 kanálový GNSS přijímač S82V je schopen sledovat GPS i GLONASS satelity na dvou</p> <p>106.900,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS přijímač SP 90m Spektra Precision SP90m je nový GNSS sensor s přijmem signálů na 480 kanálech. využívá možnosti RTK,</p> <p>249.000,- naše cena bez DPH</p>
 <p>GNSS přijímač S660P Nový 220 kanálový GNSS přijímač S660P s interní pamětí a LINUX operačním systémem.</p> <p>89.900,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS přijímač SOUTH GALAXY G1 Revoluční integrovaný GNSS přijímač GALAXY G1 mini-RTK s 3 letou zárukou je schopen</p> <p>129.900,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS přijímač SOUTH S-82V 220 kanálový GNSS přijímač S82V je schopen sledovat GPS i GLONASS na dvou</p> <p>99.000,- naše cena bez DPH</p>	 <p>GNSS RTK ROVER GALAXY G6 Nový 220 kanálový GNSS přijímač GALAXY G6 s interní pamětí a LINUX operačním</p> <p>169.000,- naše cena bez DPH</p>

Obrázek 1 - Ukázky nabídky GPS a GNSS přístrojů [10]

Nabídka tedy obsahovala tři GNSS přístroje, které se v rámci funkčnosti celkem shodují. Bylo nám nabídnuto, že kompletní sestavy nám mohou být ukázány, a to i s vysvětlením jejich jednotlivých předností a nedostatků. Dále nám bylo umožněno, že během seznámení s přístroji bude předvedeno vše, k čemu lze přístroje v terénu využívat a také s jakou přesností.

Navíc nám dodavatel prezentoval i jednu totální stanici, jenž pouze ukázal a hned při prvním oslovení nás upozorňoval, že nejspíše nebude odpovídat našim představám.

O jaké sestavy se konkrétně jednalo lze najít v další kapitole mé práce.

2.2.1 GNSS sestava S-82T + S10 se SurvCE 5

Nabídka:

127.900,- Kč bez DPH

- Sestava obsahuje – přijímač S-82T + GSM modem interní, záznamník S10 se SurvCE 5, baterie, nabíječky, kabely, metr, karbonovou výtyčku 2m, Transform MAX, přepravní kufr, adaptér, manuály, zaškolení, záruku 3 roky, hot-line, hot-mail
- Hlavními přednostmi GNSS Přijímače S82T je 220 kanálový GNSS přijímač, který je schopen sledovat GPS i GLONASS satelity. Jeho rychlá inicializace a základní deska Trimble Maxwell je zárukou rychlého a spolehlivého měření.
- Kontroler SOUTH S10 je vybaven softwarem Carlson SurvCE. Což je velice dobře ovladatelný softwarem v českém jazyce, který již pracuje přímo s S-JTSK se schváleným globálním klíčem. V ceně je také kancelářský software Carlson X-Port sloužící pro import mapových podkladů do vlastního měření nebo zobrazení vlastního měření v Google Earth. [11]

Výhody:

- GPS + GLONASS + GALILEO
- Integrovaný GSM/UMTS modem
- Integrovaný fotoaparát
- Globální klíč do JTSK v terénu
- Nejnovější technologie bez komponent ze starších generací
- Nejlehčí rover na trhu
- Kompletní zápisníky pro katastr [11]



Obrázek 2 - GNSS S-82T [11]

V ceně sestavy je:

- Kompaktní GNSS přijímač s anténou
(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)
- dvě interní Li-Ion baterie
- dvoulůžková nabíječka
- záznamník s programem SurvCE
(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)
- Li-Ion baterie s výdrží 10 hodin
- držák pro kontrolér
- USB stahovací kabel
- nabíječka záznamníku
- dotykové pero
- transportní kufr
- karbonová teleskopická výtyčka
- Program TRANSFORM MAX verze 1
- Návod v češtině
- Podložka bez optické centrace
- Adaptér s optickou centrací
- Záruka
- Technická podpora on-line [11]

2.2.2 GNSS sestava GALAXY G1 + S10 se SurvCE 5

Nabídka:

157.900,- Kč bez DPH

- Sestava obsahuje – přijímač GALAXY G1 + GSM modem interní, záznamník S10 se SurvCE 5, baterie, nabíječky, kabely, metr, karbonová výtyčka 2 m, Transform MAX, přepravní kufr, adaptér, manuály, zaškolení, záruku 3 roky, hot-line, hot-mail
- Přijímač GALAXY G1 překonává všechny dosavadní přijímače především integrovaným senzorem náklonu, který pomáhá odstranit chyby z neurovnání přístroje do libely, ale také možnost automatického měření. Pokud nastavíte přibližně ve svislé poloze a udržíte ho po vámi definovanou dobu, přístroj uloží bod automaticky. Nemusíte zmáčknout jediné tlačítko. [10]

Výhody:

- GPS + GLONASS + GALILEO
- Integrovaný GSM/UMTS modem
- Integrovaný fotoaparát
- Globální klíč do JTSK v terénu
- Nejnovější technologie bez komponent ze starších generací TRIMBLE BD970
- Nejlehčí rover na trhu
- Kompletní zápisníky pro katastr [10]



Obrázek 3 – GNSS Galaxy G1 [10]

V ceně sestavy je:

- Kompaktní GNSS přijímač s anténou
(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)
- dvě interní Li-Ion baterie
- dvoulůžková nabíječka
- záznamník S10 s programem SurvCE 4.03
(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)
- Li-Ion baterie s výdrží 10 hodin
- držák pro kontrolér
- USB stahovací kabel
- nabíječka záznamníku
- dotykové pero
- transportní kufr
- karbonová teleskopická výtyčka
- Program TRANSFORM MAX verze 1
- Návod v češtině
- Podložka bez optické centrace
- Adaptér s optickou centrací
- Záruka 36 měsíců
- Technická podpora on-line [10]

SOUTH S10

- Obě dvě nabízené stanice mají stejný ovládací prvek, kterým je SOUT S10.
- SOUTH S10 je další PDA / GPS / GSM ruční mapovací záznamník.
- GPS geoinformační záznamníky pronikají širokou škálou odvětví, proto byl vyvinut S10. Rostoucí potřeba přesné navigace a lokalizace je přirozený požadavek, který zjednodušuje sběr dat. SOUTH S10 GNSS přijímač umožní širší přístup k profesionálnímu mapování. Dnes S10 umožňuje použití profesionálně přesného GIS přijímače.
 - Zapište data v reálném čase s polohou s metrovou přesností.
 - Spojte polní data a kancelářské pracovní síly pro maximální efektivitu.
 - Dosáhněte půlmetrové přesnosti s dodatečným zpracováním.
 - S10 je připravený pro použití s kompletním mapovacím řešením.
 - Uživatelsky příjemný Windows® Mobile 6.5
 - Snadno použitelný software pro další aplikace, vytvořený pro mobilní GIS.
 - Kompaktní a lehký pro optimální použití a pohodlí.
 - Integrovaná komunikace pro snadný přesun dat.
 - Přijímač je s nabídkou několikadenní životností baterie. [11]



Obrázek 4 - MasterPro Mobile S10 [11]

2.2.3 GNSS přijímač SOUTH GALAXY G6 s X11 a SurvCE 5

Nabídka:

176.900,- Kč bez DPH

- Přijímač GALAXY G6 překonává všechny dosavadní přijímače především integrovaným senzorem náklonu, který pomáhá odstranit chyby z neurovnání přístroje do libely.
- Přístroj je schopen sledovat GPS, GLONASS, SBAS, GALILEO, BEIDOU satelity. Mezi pokročilé funkce patří automatické urovnávání pomocí elektronické libely, díky čemuž je měření v terénu mnohem rychlejší a přesnější. [10]

Výhody:

- GPS + GLONASS + GALILEO
- Integrovaný GSM/UMTS modem
- Integrovaný fotoaparát
- Globální klíč do JTSK v terénu
- Nejnovější technologie bez komponent ze starších generací TRIMBLE BD970
- Nejlehčí rover na trhu
- Kompletní zápisníky pro katastr [10]



Obrázek 5 - GNSS Galaxy G6 [10]

V ceně sestavy je:

- Kompaktní GNSS přijímač s anténou
(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)
- dvě interní Li-Ion baterie
- dvoulůžková nabíječka
- záznamník X11 s programem SurvCE

(Integrovaný Bluetooth, interní 3.5G modem)

- Li-Ion baterie s výdrží 10 hodin
- držák pro kontrolér
- USB stahovací kabel
- nabíječka záznamníku
- dotykové pero
- transportní kufr
- karbonová teleskopická výtyčka
- Program TRANSFORM MAX verze 1
- Návod v češtině
- Podložka bez optické centrace
- Adaptér s optickou centrací
- Záruka 36 měsíců
- Technická podpora on-line [10]

2.2.4 GPS záznamník SOUTH X11

- Poslední nabízená GNSS stanice jako svůj ovládací prvek využívá model SOUTH X11, což je nový záznamník s dotykovým displejem.
- Hlavním motivem je zůstat stále ve spojení jak kabelem, tak vzduchem. Proto je k dispozici několik možností. Kompletní připojení nabízí především model X11 PRO – Bluetooth, GSM/UMTS 3.5G, Wi-Fi a můžete vybrat dva konektory pro přímé připojení USB a RS-232. Rozšíření paměti je také k dispozici pomocí SD karty nebo externího FLASH disku. SOUTH X11 je připraven pro všechny práce v kanceláři i mimo ni.
- Robustní a vodotěsný design s IP67 certifikací, vám pomůže ve všech náročných pracích v terénu za sluníčka, deště, sněžení nebo jiné nepřízně počasí. X11 je také certifikovaný jako MIL-STD 810G standard včetně pádu přístroje na beton z výšky 1,5m a práci v teplotách od -30 do + 60 stupňů Celsia.
 - Zapište vaše data v reálném čase s polohou s metrovou přesností.
 - Spojte polní data a kancelářské pracovní síly pro maximální efektivitu.
 - Dosáhněte půlmetrové přesnosti s dodatečným zpracováním.
 - S10 je připravený pro použití s kompletním mapovacím řešením.
 - Uživatelsky příjemný Windows® Mobile 6.5
 - Snadno použitelný software pro další aplikace, vytvořený pro mobilní GIS.

- Kompaktní a lehký pro optimální použití a pohodlí.
- Integrovaná komunikace pro snadný přesun dat.
- Přijímač s nabídkou několikadenní životností baterie. [10]



Obrázek 6 - GPS záznamník SOUTH X11 [10]

2.2.5 Focus 30 - motorizovaná bez hranolová totální stanice

Nabídka:

219.000,- Kč bez DPH

- Jedná se o moderní, motorizovanou totální stanici s možností měření bez hranolu až do vzdálenosti 800 m.
- Focus 30 je moderní totální stanice se servopohonem s možností měření bez hranolu.



Obrázek 7 - Totální stanice Focus 30 [6]

Výhody:

- robustní konstrukce, kvalitní optika
- úhlová přesnost 15cc
- StepDrive technologie
- integrovaný Spectra Precision® Survey Pro™ software
- velký dosah při měření bez použití hranolu
- vysoce přesné měření na hranol
- operační teplota: -20 °C až +50 °C
- odolnost proti vodě a prachu: IP55
- interní baterie: Li-Ion, 11.1 V/4.4 Ah
- doba provozu s jednou interní baterií: cca 6 hod [6]

Měření úhlů:

- přesnost: standardní odchylka 15cc
- rozlišovací schopnost displeje: 1cc
- automatický dvouosý kompenzátor 11c
- zvětšení dalekohledu 31x [6]

Měření vzdáleností:

- přesnost: +/- (2 mm+2ppm), při bez hranolovém měření +/- (3 mm+2ppm)
- dosah dálkoměru na 1 hranol: 4.000 m
- dosah dálkoměru bez hranolu: až 800 m [6]

V ceně sestavy je:

- DR totální stanice
- SW Spectra Precision® Survey Pro™
- trojnožka s optickým centrovačem
- transportní kufr
- 2 kusy interních Li-Ion baterií
- nabíječka
- 360° hranol [6]

2.3 Multikriteriální analýza

Z nabídnutých zařízení jsme si měli vybrat vhodný přístroj, který bude lépe vyhovovat našim požadavkům. Jelikož pořizovací cena není jediným hodnotícím kritériem, rozhodli jsme se, že pro výběr použijeme multikriteriální analýzu. [12]

Multikriteriální analýza je metoda, která se zabývá hodnocením nabízených alternativ podle několika kritérií. Nepřipouští se zde více výsledných alternativ. Kritérium neboli faktor je vlastnost, kterou posuzujeme u dané alternativy. Hodnocení podle jednoho

2018 20

kritéria nemusí odpovídat hodnocení podle kritéria jiného. Metody multikriteriální analýzy pak řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. [12]

Některá hodnoticí kritéria mohou být minimalizační, tj. například cena. Zde platí pravidlo, čím nižší bude cena, tím je hodnocená možnost výhodnější. Další hodnoticí kritérium může být maximalizační, tj. například délka záruční doby. U této varianty platí, že čím je záruka delší, tím je hodnocená alternativa výhodnější. [12]

U multikriteriální analýzy můžeme kvantifikovat a zohlednit v rozhodování větší počet kritérií. Cílem multikriteriální analýzy je shrnout a utřídit informace o variantách možného řešení. Výsledkem analýzy se vždy stává pouze jedna jediná alternativa, a to ta nejvýhodnější. Alternativa je vybrána na základě zvolených kritérií a jejich vah. [12]



Obrázek 8 – Analýza [15]

2.3.1 Identifikace alternativ a kritérií

Jako první je třeba, abychom si určili vlastní alternativy, mezi kterými se rozhodujeme a kritéria, která chceme do analýzy zahrnout. Přesněji jsou to taková, která nám při výběru pomohou. [12]

Vhodným řešením je vytvořit tabulku, díky níž si později pomůžeme s výpočtem. Alternativy umístíme na řádky a kritéria do sloupců. Pod hlavičku tabulky si vložíme ještě řádek navíc, který poslouží pro napsání vah kritérií. Stejně tak se sloupci. Za poslední sloupec, ve kterém budeme zaznamenávat hodnocená kritéria, přidáme ještě další sloupec

pro bodové součty a poslední sloupec bude sloužit pro celkové hodnocení na základě nejvyššího bodového součtu, viz Tabulka 1. [12]

2.3.2 Ohodnocení (kvantifikace) kritérií

O výsledku analýzy rozhoduje číselné ohodnocení kritérií.

Pokud je již kritérium číselná proměnná (např. pořizovací cena, rychlost měření, provozní náklady aj.), lze využít přímo její hodnotu, vždy je ale nutné provést transformaci tak, aby lepší varianta byla hodnocena vyšším (příp. nižším, což je méně obvyklé) číslem. Za tímto účelem lze číselným proměnným předřadit znaménko mínus (kritérium může mít zápornou hodnotu), případně je odečíst od vhodně zvolené konstanty. Je třeba, aby vzájemný poměr hodnot souhlasil s přínosem, či ztrátou, kterou alternativa z hlediska kritéria přináší (např. ohodnocení variant čísla 1, 2, 3, 4 znamená mnohem podstatnější rozdíly než ohodnocení čísla 101, 102, 103, 104, která se sice také liší o jedničku, ale v následující fázi normalizace bude tento rozdíl hrát mnohem menší roli). [12]

U číselných a nečíselných proměnných je však obvyklé, seřadit varianty podle toho, jak jsou výhodné (od nejmenší po největší výhodu). Pro očíslování se používají přirozená čísla (1, 2, 3, ...). Takový postup se hodí na všechny ordinální proměnné. Pro příklad si můžeme uvést hodnocení, jež se dá očíslovat čísla 1, 2, 3, 4 podle určitého faktoru. Například stupnice sebehodnocení – úkol jsem splnil: perfektně – celkem dobře – částečně – nesplnil. Ohodnocení zapisujeme v tabulce do středu políček. V případě, že nám vycházejí dvě rovnocenné alternativy, lze je ohodnotit stejně. Hodnota v řádcích tabulky se nemusí bezpodmínečně lišit. [12]

2.3.3 Přidělení vah (normalizace)

V případě, že máme ohodnocena kritéria, můžeme přistoupit k tomu, že jim přiřadíme váhy. Součin ohodnocení kritérií a vah musí odpovídat významu, jenž pro nás určené kritérium má. [12]

Váhy vyjadřují vzájemný poměr důležitosti kritérií, pokud jsme v předchozím kroku zvolili jednoduché (ordinální) očíslování. To znamená, že například cena je dvakrát důležitější, než kvalita a vzhled vybraného zboží. [12]

Jestliže jsme si vybrali opačný případ, musíme volit váhy proměnných tak, že po vynásobení váhou kritéria dojde k přiblížení hodnot ohodnocení takovým způsobem, aby se tyto hodnoty mohly navzájem ovlivňovat. [12]

Zápis do tabulky se provádí do druhého řádku a současně na první místo do každé buňky ve sloupci pod ním, konkrétně před znaménko krát. [12]

2.3.4 Výpočet ohodnocení

K celkovým výsledkům vybraných alternativ se dopravujeme pomocí součtu součinů ohodnocení alternativ v jednotlivých kritériích a vah těchto kritérií. V předchozím kroku jsme přidělili kritériu určitou váhu, kterou teď musíme ohodnocením vynásobit. Pro každou alternativu pak všechny tyto násobky sečteme. [12]

V tabulce postupujeme tak, že nejdříve vypočteme součiny vah a ohodnocení ve všech buňkách, konkrétně ta čísla, která jsme sem vepsali v předchozích dvou krocích. Nakonec zaznamenáme součet všech výsledků z jednotlivých buněk na daném řádku do posledního sloupce. [12]

Jestliže jsme se na začátku rozhodli, že varianty, které jsou výhodnější, ohodnotíme vyššími čísly, pak v tomto bodě získáváme nejlepší výsledek multikriteriální analýzy. Máme zde alternativu v řádku, jež v posledním sloupci tabulky dosahuje nejvyššího hodnocení, konkrétně nejvyšší součet součinů ohodnocení kritérií a jejich vah. [12]

Může však také nastat varianta, že nejvyššího počtu bodů dosahuje více než jedna alternativa. Bereme-li v úvahu dané nastavení ohodnocení a vah, pak jsou alternativy považovány za rovnocenné. Vybírat z nich můžeme, buď po přidání dalšího rozhodujícího kritéria, anebo nastavení vah změnit takovým způsobem, aby přesněji splňovalo naše požadavky. [12]

Tabulka 1 - Multikriteriální analýza [vlastní zdroj]

Alternativa	Cena zařízení	Složitost ovládání	Rychlost měření	Provozní náklady	Vzdálenost servisu	Součet bodů	Pořadí
Váha	5	2	3	4	1		
GALAXY G1	5×081= 405	2×080= 160	3×095= 285	4×090= 360	1×100= 100	1310	3.
S-82T	5×100= 500	2×080= 160	3×090= 270	4×090= 360	1×100= 100	1390	1.
GALAXY G6	5×072= 360	2×100= 200	3×100= 300	4×090= 360	1×100= 100	1320	2.
Focus 30	5×058= 290	2×060= 120	3×080= 240	4×100= 400	1×080= 080	1130	4.

Přístup k informacím ohledně bodových polí byl do roku 2004 možný za poplatek podle aktuálně stanoveného ceníku, a to pouze v tištěné podobě. Tato verze byla uložena k nahlédnutí v odděleních správy bodů zeměměřického úřadu a v dalších územně příslušných katastrálních úřadech. [4], [8], [9], [17]

Dnes máme možnost, jak získat potřebné informace, hned několik. Například prostřednictvím internetu poskytuje úřad uživatelům údaje z této databáze. Lze zde získat bezplatný přístup ke geodetickým záznamům o bodech bodových polí. Také pomocí Geoportálu ČÚZK je možné využít údaje, jako zprostředkované bezplatné vyhledávací služby WMS – bodová pole z Databáze bodových polí. Současně je možné pracovat v aplikaci Geoprohlížeč, popřípadě na úvodní stránce aplikace Geoportálu ČÚZK v mapovém okně. [4], [8], [9], [17]

Pro výběr bodů z databází lze volit postup přes státní mapy s měřítkem 1: 5 000, kde nalezneme okolí bodu, jež je vymezeno grafickým výřezem mapy se zákresem bodů, nebo je zde vymezení pomocí souřadnic. Druhou možností je postup přes lokalizační jednotky, konkrétně se jedná o číslo bodu a také mapový list základní mapy České republiky v měřítku 1: 50 000. [4], [8], [9], [17]

Body, které v DBP nalezneme, můžeme rozdělit do tří kategorií. Za prvé jsou zde trigonometrické a zhušťovací body z území České republiky a částečně z území sousedních států. Za druhé sem náleží také nivelační body z území České republiky. Za třetí se jedná i o tíhové body z území České republiky. [4], [8], [9], [17]

Trigonometrické (TB) a zhušťovací body (ZhB) pokrývají více než 69 000 center. K nim náleží body přidružené v rozsahu větším než 35 000 bodů. Pokud dochází ke změnám souřadnic, nebo se vyskytnou zničené body, jsou všechny tyto záznamy vedené v DBP. U bodů přidružených se zaznamenává jen délka a jižník, souřadnice se řeší výpočtem, až během výstupu z databáze. Informační systém katastru nemovitostí (ISKN) prostřednictvím DBP poskytuje od roku 2008 také body podrobného polohového bodového pole (PPBP). Trigonometrické body spravuje Zeměměřický úřad. Úřad dále poskytuje průběžnou aktualizaci DBP. Zhušťovací body a body podrobného polohového bodového pole spravují katastrální úřady, které jsou k nim územně příslušné. [4], [8], [9], [17]

Druhá skupina, na kterou se nyní zaměříme, jsou nivelační body, jenž leží na území České republiky. Podrobně se jedná o dvanáct základních nivelačních bodů (ZNB), dále pak body spadající do řádů ČSNS:

- I. řád ČSNS se 16 000 body
- II. řád ČSNS s 20 000 body
- III. řád ČSNS se 47 000 body
- IV. řád ČSNS – od roku 2006 probíhá postupné naplňování

Dále probíhá od roku 2006 naplňování DBP také body plošných nivelačních sítí (PNS). Základní nivelační body a nivelační body I., II. a III. řádu ČSNS spravuje Zeměměřický úřad. Nivelační body IV. řádu ČSNS a body PNS patří pod správu územně příslušných katastrálních úřadů. [4], [8], [9], [17]

Třetí skupinou jsme označili tíhové body, vyskytující se na území České republiky. Jde o 400 bodů ČGS. Tíhové body patří pod správu Zeměměřického úřadu. [4], [8], [9], [17]

3.1 Transformace měřených bodů

Na kvalitě transformačního (zpracovatelského) programu, na volbě a konfiguraci identických bodů závisí míra homogenity výsledků ze zeměměřických činností, které byly prováděny v různých termínech a častokrát i různými subjekty. [17], [18], [20]

Pro dosažení co nejvyšší míry homogenity je pravidlem, aby byl použit shodný technologický postup. Důležité je, aby se shodoval výběr a konfigurace identických bodů a současně byl použit shodný transformační program. Je však možné použít pouze takový transformační program, který schválil český zeměměřický a katastrální úřad přímo k tomuto účelu, tj. program dle ustanovení bodu 9.11 přílohy k vyhlášce č. 31/1995 Sb., v platném znění. [17], [18], [20]

Při měření prostřednictvím GNSS je ze stejného důvodu vhodné volit postup práce s připojením do souřadnicového systému ETRS89. Dále se vyplatí vybírat jako identické body k transformaci do S-JTSK takové trigonometrické a zhušťovací body, jenž lze získat prostřednictvím přístupu skrz webové rozhraní, a to z Databáze bodových polí. Jejich souřadnice v ETRS89 jsou zde k vyhledání v geodetických údajích. V případě, že ve stejné lokalitě práce opakujeme, je třeba udržet shodný počet i konfiguraci. [17], [18], [20]

3.1.1 Transformační programy bez volby identických bodů

V případě, že dochází k důslednému používání programů bez volby identických bodů, fungujících prostřednictvím zpřesněné globální transformace, lze s úspěchem předcházet vzniku nehomogenit výsledků zeměměřických činností. Jedná se o nesrovnalosti, jež mezi souřadnicovými systémy vznikají během procesu transformace v důsledku, že dochází k výběru odlišné konfigurace identických bodů. Tyto programy jsou schváleny výhradně pro transformaci mezi ETRS89 a S-JTSK. [17], [18], [20]

Výběr identických bodů individuálně není třeba. Uživatel dosáhne správného výsledku lokálního výběru s pomocí implementovaných převodních tabulek, které jsou schváleny ČÚZK. [17], [18], [20]

Při používání transformačních programů bez identických bodů je třeba, aby uživatel věnoval zvýšenou pozornost přesnosti programů a časovému vymezení jejich možného používání. To je nutné vzhledem k tomu, že jednotlivé programy poskytují odlišnou vnitřní přesnost transformačního procesu, a to v závislosti na hustotě interpolační mřížky. Ke konkrétní realizaci systému ETRS89 a ke konkrétní množině dat se vztahují hodnoty převodních tabulek, z nichž byly identické body vypočteny. [17], [18], [20]

3.1.2 Transformační programy pro transformaci pomocí místního klíče

Pokud jsme se rozhodli, že využijeme druhou možnost, pak budeme pracovat s programy, které jsou pomocí místního klíče a volby identických bodů schváleny pro transformaci z WGS84 nebo ETRS89 do S-JTSK. [17], [18], [20]

Tyto programy fungují na bázi využití obecných matematických vzorců. Buď se jedná o provedení transformace po částech, na základě znalosti souřadnic odpovídajícího počtu a konfigurace identických bodů v obou souřadnicových systémech, nebo jde o výpočet prostřednictvím sedmi prvkové transformace, kdy se usiluje o zjištění transformačních parametrů pro transformaci. [17], [18], [20]

Pro realizaci obou výše uvedených programů je nutné, aby uživatel dodržel obecně platnou zásadu o souřadnicích všech nově určovaných bodů, a to i bodů identických. Tyto souřadnice musí být ve shodující se realizaci konkrétního souřadnicového systému podle bodu 9.11 přílohy k vyhlášce č. 31/1995 Sb., ve znění pozdějších předpisů. [17], [18], [20]

Funkčnost programů není závislá na konkrétní realizaci každého z nich, protože jde pokaždé o rozklíčování vztahu, který mezi sebou mají dva různé souřadnicové systémy, jež jsou v prostoru definovány obecně. [17], [18], [20]

3.2 Stručný úvod k měřicí stanici řady S-82T

Firma SOUTH, tedy výrobce řady S-82T se zaměřila na zpřístupnění pokročilé GPS technologie a produktů geodetům. Zeměměřická technologie GPS RTK, již lze považovat za pokročilou technologii, je součástí zeměměřických prací. Firmu SOUTH můžeme s klidným svědomím označit jako průmyslovou jedničku ve výrobě a prodeji přístrojů, které využívají technologie GPS RTK. Produkty značky SOUTH využívající GPS RTK, mají odbyt v kusech několika tisíců, což je řadí mezi nejprodávanější výrobky na trhu v rámci této kategorie.

Star řady S82 je nejnovější RTK produkt, který vlastní integrovaný Bluetooth systém. Jeho součástí jsou také tři inovace a čtyři specifikace. Počítač Star řady 82 má integrovanou anténu, základní desku, rádio přijímač, výše jmenovaný Bluetooth, baterii atd. ROVER je integrovaný zcela, což znamená, že geodet potřebuje k práci s ním pouze ruční ovladač, aby díky němu zajistil zeměměřické práce. GPS systém Star řady S82 využívá nejnovější technologii GPS RTK přijímače. Kromě těchto vlastností má stanice také výborný vzhled a úžasné barvy, jež vám alespoň částečně zpříjemní práci.

Design Star řady S82 závisí na pokročilé technologii GPS přijímače, který je stabilnější, pomaleji se vybíjí a jeho velkou výhodou je tišší chod a lehká váha. Star řady S82 má zvláštní design vzhledem k odolnosti vůči prachu a vodě. Baterie a vestavěné rádio jsou umístěny v dolní části počítače a díky tomu je zajištěna vyšší účinnost odolnosti proti vodě a prachu.

3.2.1 Specifikace

Integrovaný design přístroje je módou zeměměřických produktů. Prostřednictvím tohoto designu a také odrušování zde dochází k perfektnímu zkombinování. Design modulu efektivně řeší problém s rušením pomocí toho, že se vyhýbá anténě. Díky zvládnutí radiové technologie pro přenos dat je už dnes výkonnost produktů SOUTH na stejné úrovni, jako jsou zahraniční technologie. Profesionální design rádia pro přenos dat snižuje poměr

chybných kódů. Je spolehlivý vůči zápisovému poměru a řešení kolize rádia. Je průmyslovým modulem s designem odolným proti třem prvkům prachu, vodě a otřesům, jež byly zmiňovány již v úvodu do této kapitoly. Přístroj z řady S82 činí pro práci v terénu lepším tyto vlastnosti: profesionální modul, vysoce intenzivní obalový materiál a výborná voděodolná funkce.

Pro zajištění spolehlivějšího přenosu dat má řada S82 vedle normálního COM portu také USB. Dvojitě rozhraní konkrétně tedy USB a sériový COM port přenáší vysokou rychlostí 64 MB paměť. Jedná se zde o vestavěnou paměť. Vestavěná 64 MB paměť splňuje potřebu 80 hodin statického ukládání v jedno sekundovém intervalu. Pokud je interval delší, pak je doba delší mnohokrát.

3.2.2 Technologické specifikace

Jádrová technologie datového spojení RTK umožňuje řadě S82 dosáhnout vyspělé mezinárodní úrovně, což zajišťuje provoz pomocí dvou tlačítek, bezdrátovost tzv. bluetooth, odolný design a další.

Veškerá technologie je v řadě S82 integrována, což zajišťuje stabilitu počítače. Chlubí se čistým designem vnitřního nastavení. UHF anténa zajišťuje spojení elektromagnetické centrály UHF antény a elektromagnetické centrály dvou frekvenční antény. V době snížení rušení může vylepšit nastavení počítače a snížit hluchost. Užitím těsného elektronického stínění se lze lépe vyhnout rušení.

Star řady S82 se stabilním modelem rádio datové komunikace, je ekonomický a spolehlivý program v oblasti RTK zeměměřictví. Zároveň má řada S82 možnost nastavení modulu GPRS/GSM, který je založený na VRS RTK technologii, díky němuž mohou zákazníci spolehlivěji pracovat.

Design je zaměřený na detaily, lehká a bezdrátová jednotka přijímače váží 1,2 kg; což činí rover lehčím a spolehlivějším. Nízko ztrátový přijímač zajišťuje dlouhou provozní dobu.

3.3 Počítač Star řady S-82T

Počítač je hlavní a nejcennější součást GNSS stanice. Zastává zde několik důležitých funkcí, bez kterých by stanice nemohla fungovat. Jeho hlavním úkolem je monitorování družic a také signálů družic. Dále musí udržovat systémový čas, sestavovat navigační zprávy družic a zajišťovat komunikaci s družicemi. Významnou funkcí řídicího počítače, kterou nelze opomenout, je garantování stanovených standardů a deklarovaných výkonnostních parametrů služeb. V neposlední řadě musí rovněž komunikovat s ručním záznamníkem, a to prostřednictvím uživatelského rozhraní. [8]

3.3.1 Pohled na počítač

Nyní si představíme, jak námi vybraný a zakoupený počítač Star řady S-82T od společnosti SOUTH vypadá.

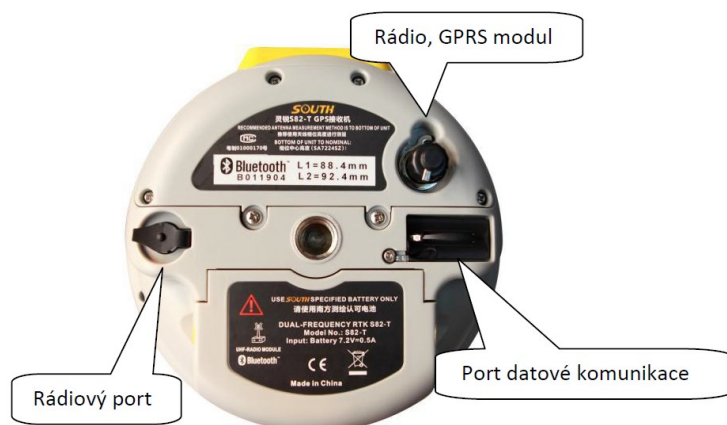
Počítač je hranolového tvaru a je zploštělý. Vpředu se nacházejí tlačítka a světelné indikátory. Na spodu je umístěn rádiový modul a baterie. Rover této části je vybaven vestavěným rádiovým přijímačem a modulem GPRS, jehož základna je propojená s rádiovým a GPRS modulem. Tato část má funkci přepínání rozhraní.



Obrázek 10: Pohled na počítač Star řady S-82T (Rover) [vlastní zdroj]

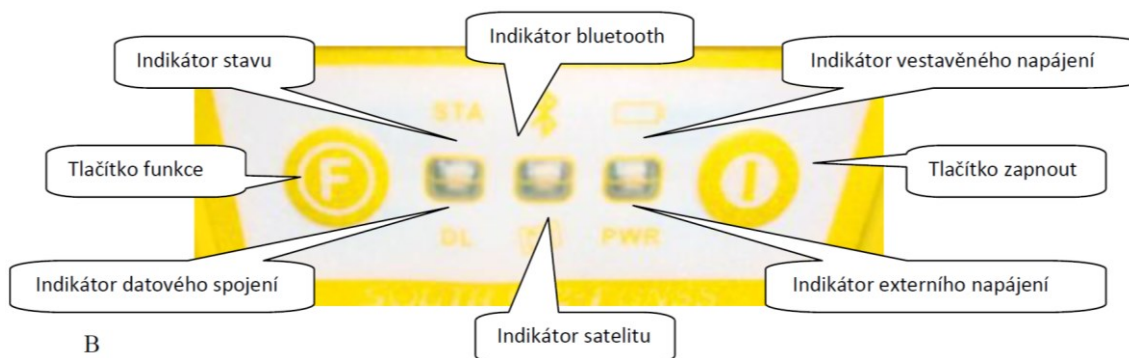
3.3.2 Rozhraní

Rozhraní počítače řady S-82T je zobrazuje Obrázek 11. Levý port funguje pro externí zdroj energie a externí přenášení rádia, obsahuje pět kolíků. Levé rozhraní základny a roveru je stejné, oba mají sedm kolíků, přijímač, levý je DB9 port a funkce je stejná. Pravá strana počítače je určena pro přenos dat. Jedná se o používání pro připojení počítače k přenosu dat, nebo může být využito v případě, že se s počítačem spojuje ruční přístroj.



Obrázek 11: Star řady S-82T spodní rozhraní (Rover) [vlastní zdroj]

3.3.3 Světelné indikátory přístroje



Obrázek 12: Star řady S-82T – tlačítka a světelné indikátory [vlastní zdroj]

Indikátory stavu se nachází na horní straně základní desky. Zleva doprava jsou zobrazeny: indikátor stavu, indikátor bluetooth, indikátor vestavěného napájení, indikátor datového spojení, indikátor satelitu a indikátor externího napájení.

Indikátor vestavěného napájení může mít 2 možné stavy

1. Svítí nepřetržitě = přívod elektřiny je v pořádku
2. Bliká = má nedostatek elektřiny



Obrázek 13: Indikátor vestavěného napájení [vlastní zdroj]

Indikátor externího napájení může mít 2 možné stavy

1. Svítí nepřetržitě = přívod elektřiny je v pořádku
2. Bliká = nedostatek elektřiny



Obrázek 14: Indikátor externího napájení [vlastní zdroj]

Indikátor Bluetooth

- Po připojení kontroler psion k tomuto přijímači, bude tento indikátor svítit.



Obrázek 15: Indikátor Bluetooth [vlastní zdroj]

Indikátor stavu

SAT = indikátor satelitu ukazuje množství zaměřených satelitů. Přijímač, jenž přijímá signály ze satelitu, začne blikat. Počet bliknutí znamená množství zaměřených satelitů.

- Ve statickém módu znamená, že přijímač zaznamenává, nebo nezaznamenává data.
- V RTK módu indikuje, zda modul datového spojení správně pracuje.



Obrázek 16: Indikátor stavu [vlastní zdroj]

Indikátor datového spojení

- Ve statickém módu bude svítit.
- V RTK módu indikuje, zda modul datového spojení správně pracuje.



Obrázek 17: Indikátor datového spojení [vlastní zdroj]

3.3.4 Nastavení přístroje

Tlačítko P:

- Je tlačítko napájení, které má funkci zapnout/vypnout přijímač a funkci potvrzovací.
- **Zapnout přijímač** = Pokud jednou zmáčkeme tlačítko P, přijímač se zapne.
- **Vypnout přijímač** = Musíme zmáčknout a podržet tlačítko P po dobu 3-10 sekund, poté tlačítko pustíme a přijímač se vypne.

- **Automatická kontrola** = Pokud přijímač nepracuje normálně, můžeme použít automatickou kontrolu pro jeho opravení. Postup je následující: zmáčkeme a podržíme tlačítko P po dobu delší než 10 sekund. Jakmile uslyšíme dlouhé pípnutí, tlačítko pustíme. Začíná probíhat automatická kontrola. Nebo můžeme mačkat tlačítko P po dobu 3-10 vteřin, po 10 vteřinách začne automatická kontrola. Přístroj necháme pípat. Pro nový přístroj je doporučováno alespoň jednou spustit automatickou kontrolu.

Tlačítko F:

- Je tlačítkem pro funkce. Zajišťuje změnu pracovního módu, přepíná rádio a také mód GPRS.
- **Použitím tlačítka F** volíme v pracovním módu. Pokud zapneme přijímač, musíme dále zvolit datové spojení, poté co přijímač vstoupí do stavu normálního chodu. Nachází se zde tři pracovní módy: rover, základní a statický mód. Dále jsou zde součástí tři typy datového spojení: vestavěné rádio, GPRS/GSM modul a externí rádio.
- Vestavěný rádiový přijímač slouží pouze pro příjem jiného diferenciálního signálu, který nemůže přenášet signál. V základním módu je proto třeba připojit externí rádio, sloužící pro přenášení signálu. Vestavěné rádio tudíž nemůžeme použít v základním módu.

3.3.5 Vstup do pracovního módu

Do pracovního módu vstoupíme tak, že vložíme baterii do boxu na baterii. V dalším kroku zmáčkeme a podržíme tlačítko P a současně tlačítko F, držíme, dokud neblíkne šest indikátorů zároveň, poté klávesy pustíme. Dále počkáme a poté několik sekund mačkáme tlačítko F, šest indikátorů se bude postupně rozsvěcovat. Zvolíme indikátor a zmáčkeme tlačítko P, tímto krokem vstoupíme do jednoho pracovního módu.

Rover mód

- Jakmile se zelené světlo zastaví na STA indikátoru musíme zmáčknout tlačítko P pro potvrzení, a to nám umožňuje vstoupit do módu Rover.

Základní mód

- Jakmile se zelené světlo zastaví na BT indikátoru, zmáčkne tlačítko P pro potvrzení a můžeme vstoupit do základního módu.

Statický mód

- Jakmile se zelené světlo zastaví na BT indikátoru, zmáčkne tlačítko P pro potvrzení a vstoupíme do statického módu.

3.3.6 Datové spojení

Poté, co vstoupíme do normálního módu, pokračujeme tak, že zmáčkne tlačítko F a držíme, jakmile uslyšíme dvě pípnutí a uvidíme blikat zelený indikátor, pustíme tlačítko, počkáme několik vteřin, a pak zmáčkne tlačítko F. Následně začnou tři zelené indikátory blikat jeden po druhém, to je signál pro zvolení indikátoru. Každý indikátor znamená jiné datové spojení.

V rover módu budou blikat tři zelené indikátory, ale v základním módu uvidíme blikat pouze zelené indikátory dva. To konkrétně znamená, že můžeme zvolit pouze GPRS/GSM modul a externí rádio.

Ve statickém módu nebude blikat žádný zelený indikátor.

Vestavěné rádio

- Jakmile se zelené světlo zastaví na DL indikátoru, musíme zmáčknout tlačítko P pro potvrzení, že budeme používat vestavěné rádio tak, jak je ukázáno.

GPRS/GSM modul

- Jakmile se zelené světlo zastaví na SAT indikátoru, zmáčkne tlačítko P, abychom potvrdili, že budeme používat GPRS/GSM modul.

Externí rádio

- Jakmile se zelené světlo zastaví na BAT indikátoru, zmáčkne tlačítko P pro potvrzení, že budeme následně používat externí rádio.

3.3.7 Kontrola pracovního módu a spojení

Během práce je možné provést kontrolu pracovního módu a datového spojení. Kontrolu provedeme tak, že jednou zmáčkeme tlačítko F. Nabízí se nám šest následujících typů stavů:

1. Statický mód

- Když jednou zmáčkeme tlačítko F a zobrazí se následující obrázek, znamená to, že stanice je ve statickém módu (viz Obrázek 18)



Obrázek 18 - Statický mód [vlastní zdroj]

2. Rover + vestavěné rádio

- Když jednou zmáčkeme tlačítko F a objeví se tento obrázek (viz Obrázek 19), znamená to, že stanice je v módu rover s vestavěným rádiem.



Obrázek 19 - Mód Rover + vestavěné rádio [vlastní zdroj]

3. Rover + GPRS/GSM modul

- Když jednou zmáčkne tlačítko F a uvidíme následující Obrázek 20, znamená to, že je stanice v módu rover + GPRS/GSM.



Obrázek 20 - Múd Rover + GPRS/GSM [vlastní zdroj]

4. Rover + externí rádio

- Když jednou zmáčkne tlačítko F a hledíme na následující Obrázek 21, znamená to, že je stanice v módu rover + externí rádio.



Obrázek 21 - Múd Rover + externí rádio [vlastní zdroj]

5. Základní mód + externí rádio

- Když jednou zmáčkne tlačítko F a uvidíme následující Obrázek 22, znamená to, že stanice je v základním módu + externí rádio.



Obrázek 22 - Základní mód + externí rádio [vlastní zdroj]

6. Základní mód + GPRS/GSM modul

- Když jednou zmáčkne tlačítko F a uvidíme následující Obrázek 23, znamená to, že je stanice v základním módu + GPRS/GSM modul.



Obrázek 23 - Základní mód + GPRS/GSM [vlastní zdroj]

3.4 Uživatelské rozhraní

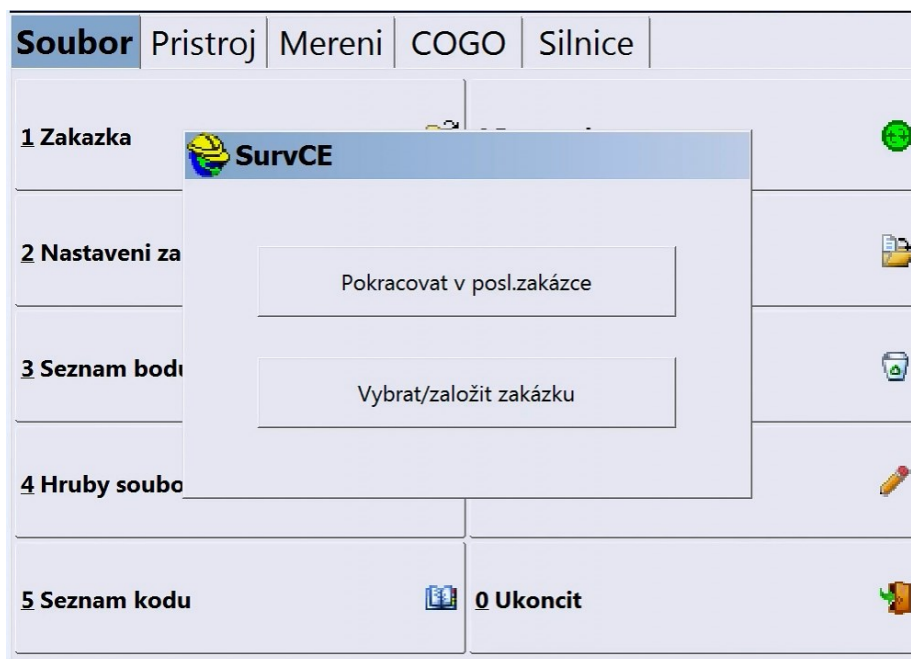
Uživatelské rozhraní je ovládáno pomocí přístroje S10 a softwaru SurvCE 5. Další kapitoly poskytnou vysvětlení, jakých postupných bodů se má uživatel držet, co má kde a v jaké fázi správně zadávat.

3.4.1 Nastavení zakázky

Po spuštění programu SurvCE 5 se objeví dialogové okno, ve kterém se zobrazí dotaz, zda chceme v zakázce pokračovat, anebo založit zakázku novou. Pokud si chceme založit novou zakázku, je možné zakázky ukládat do adresářů a podadresářů tak, aby se nám lehčím způsobem spravovali data. Založení adresářů a podadresářů je možné provést pomocí ikony. Zakládání provádíme podobně tak, jako je tomu v prostředí Windows. Po stisknutí ikony pro založení adresáře je třeba zadat název adresáře a tento název potvrdit. Tímto způsobem nám tedy vzniká nový „ADRESÁŘ“, do kterého si zakládáme zakázku novou.

Nastavení zakázky může proběhnout dvěma způsoby. Probíhá buď automaticky, nebo ho můžeme modifikovat v listu označeném jako „SOUBOR“, kde tedy musíme kliknout na „NASTAVENÍ ZAKÁZKY“. Důležité je, zda máme v programu zaškrtnuto políčko „DOTAZ NA JEDNOTKY“. Pokud je toto políčko označeno, znamená to, že systém se bude automaticky dotazovat na nastavení zakázky. V případě, že s přístrojem pracuje více uživatelů, je lepší se tomuto označení vyhnout, aby nedošlo ke změně zakázky prostřednictvím jiného člověka. Další položky, které jsou obsaženy na listě „NOVÁ

ZAKÁZKA“ pro nás nejsou nijak výrazně důležité, a proto jim není potřeba věnovat zvláštní pozornost.



Obrázek 24 - Uživatelské rozhraní - výběr zakázky [vlastní zdroj]

Pozornost si však zaslouží list označený jako „SYSTÉM“, tady je velmi důležité, abychom měli systém nastavený v souřadnicích JTSK, a to konkrétně CZECH/Krovak-JTSK(GRID). Pokud by došlo k situaci, ve které není systém nastavený, musíme jej volit pomocí tlačítka označeného jako „ÚPRAVA SEZNAMU PROJEKCIÍ“ a následně pak vybíráme „PŘIDAT PŘEDVOLENÝ“. V dalším kroku vybereme v kolonce země Českou republiku, tedy políčko „CZECH“, kde máme již požadovaný Krovak-JTSK(GRID). Pokud bychom potřebovali měřit například na Slovensku, či ve kterékoliv jiné zemi, lze toto měření provést stejným způsobem. Pro zvolenou zemi však musíme mít v systému nahanou souřadnicovou mřížku, což bychom měli pro jistotu zkontrolovat, i přestože by měla být mřížka automaticky nahaná již při instalaci. Následně je nutné přepnout na záložku „FORMÁT“, kde si nastavíme pořadí zobrazení souřadnic, tam vytvoříme Y a X souřadnice, což je pro měření v naší zemi zvyklostí. Uživatel přístroje může jeho prostřednictvím upravit například zobrazení staničení, výstup zobrazení sklonu, nebo zobrazení měřené vzdálenosti a jiné.

Předposlední záložkou, která je obsahem nastavení zakázky, je list označen slovem „VOLBY“. Jednou z možností, jak pracovat s touto záložkou je zatržení políčka s názvem 2018

„KONTROLNÍ SOUBOR“, tento krok je však důležitý spíše pro měření pomocí totální stanice nežli pro měření GNSS stanicí. V případě, že pracujeme v systému globálních pozic GPS, není potřeba mít toto políčko zaškrtnuté. Kontrolní soubor většinou obsahuje všechny důležité body, které nejsou nahrané přímo v zakázce. Těmito body mohou být například nivelační značky ze širokého okolí. Naopak velmi důležité pro měření stanicí GNSS je na listu „VOLBY“ zaškrťovací políčko „ULOŽ ČAS U KAŽDÉHO BODU“, u něhož je označení nutné vzhledem k dalším výstupům. Následně je neméně důležité mít zaškrtnutou položku „ULOŽIT GPS PŘESNOST DO SOUBORU RAW“. Dále se zde nacházejí vektorové souřadnice, které nejsou nijak výrazně důležité, ale v hrubém souboru je vhodné, je mít označené taktéž. Použití kódovací tabulky pro popisky takovým způsobem, aby kódování probíhalo rychleji a my se tím pádem mohli vyhnout chybám, je pro nás také velice užitečným pomocníkem.

Pro běžné práce nejsou důležité a nutné tyto položky: „NAČÍTÁNÍ SILNIC ZE SOUBORU ZAKÁZKY“, „AUTOMATICKÉ NAČTENÍ MAPY“ a dále pak tlačítko značené jako „ULOŽENÍ MAPY“. Naopak velmi zajímavou položkou, kterou výrobce doporučuje označit a použít, je položka „UKAŽ VOLBY .dxf/.dwg IMPORTU“. Použitím této volby je možné při importu výkresu s příponou .dxf, nebo .dwg, importovat též texty a dále pak pracovat v terénu i s prostřednictvím popisů. Jako příklad si můžeme zvolit třeba popis ulic, čísel popisných, parcelních čísel apod. Ostatní položky opět není třeba zmiňovat.

Doporučenou volbou je mít „PŘESKOČENÍ NA DALŠÍ BOD“, což v praxi při vytyčování znamená, že po vytyčení bodu se automaticky nastaví na vytyčování následující bod. V opačném případě vyskočí tabulka, která bude požadovat zvolení následujícího bodu k vytyčení. Je třeba dát si pozor a nezaškrťávat poslední dvě položky. Pokud bychom je označili, způsobíme, že soubor hrubých dat bude vytvářen bez pomlček a některé programy s ním pak dále nebudou pracovat.

Poslední volbou je záložka „VYTYČOVÁNÍ“. Jde o list, u kterého je důležité mít zatrženou položku „ULOŽIT DATA v pozn. SOUBORU“, tak aby v listě souboru not byly ukládány souřadnice vytyčených bodů, a to s přesností na dvě nebo na tři desetinná místa podle toho, jak je potřeba. V automatických popisech je také důležité, aby byl nastavený „Prefix – STK“, což je vytyčovaný bod. Sem („ULOŽIT DATA v pozn. SOUBORU“) navazují všechny další programy.

3.4.2 Nastavení GPS přístroje

Před použitím je nutné GPS přístroj správně nastavit. To provedeme tak, že přepneme ze záložky „SOUBOR“ na záložku „PŘÍSTROJ“. Zde zvolíme položku „3 GNSS ROVER“, u něhož nalezneme nabídku všech přístrojů, které jsou se systémem kompatibilní. Ze seznamu nabídky výrobců vybereme výrobce námi zakoupeného přístroje, tím je firma „SOUTH“ a dále zvolíme příslušný model, v našem případě model „S82-T“.

Další list, který se nám zobrazí je „KOMUNIKACE“. Ke spojení není nutné použít kabel, ale využijeme spojení přes „BLUETOOTH“, protože ve většině případů s přístrojem komunikujeme právě přes bluetooth. Toto nastavení se může u různých přijímačů lišit a bude chtít změnit.

Obrázek 25 - Uživatelské rozhraní - nastavení přístroje (GPS Rover) [vlastní zdroj]

Pokračujeme na list „PŘIJÍMAČ“. Zde je důležité nastavit typ antény. V tomto místě je definovaná „VÝŠKA ANTÉNY“ od závitu směrem k fázovému centru, což je hodnota, kterou vidíme vedle možnosti výběru typu antény. Výška antény, která je zcela běžná, může mít 1,8 m; 2,0 m nebo 2,2 m. Anténa je vždy nastavená podle toho, jak si nastavíme výtyčku. Nastavení lze měnit s každým měřeným bodem. V položce „NGS“ je schována „TABULKA OPRAV“ v dané lokalitě, je doporučeno mít tuto možnost zatrženu. Elevační maska nám definuje, jestli se bude nacházet deset nebo pět stupňů nad horizontem. „SATELIT“, který

je možné do výpočtu vložit, bude mít standardní nastavení, tedy deset. U nových přístrojů se dá nastavení snížit až na pět. K určování polohy je doporučená hodnota jeden Hertz (Hz). Některé přístroje nemají volitelnou položku pro vytyčování. Pokud máme tu možnost, je lepší zvolit pěti Hertzový výstup, čímž je lépe vidět posun polohy vůči vytyčovanému bodu.

V listě „ROZŠÍŘENÉ“ lze u některých přístrojů nastavit parametry a zvolit, jaké satelitní systémy budou použity. Je možné zatrhnout nebo odtrhnout položky jako jsou například „GPS“, „GLONASS“, „GALILEO“ nebo „BEIDOU“.

Nejdůležitějším parametrem nastavení je list „RTK“, kde se vybírá, jakým způsobem bude stanice připojena pro korekci dat. Nejčastějším způsobem je interní „GSM model“, který pracuje se SIM kartou uvnitř přístroje. Lze použít i modem, jenž je integrován do záznamníku.

Poté se v zařízení vybere položka „DATA KOLEKTOR INTERNET“. U některých modelů je možné zvolit i další externí bluetooth zařízení například „GSM modem“, kterým může být třeba mobilní telefon. Při použití nejčastějšího interního GSM modelu se v nastavení vybráním z rolovacího menu vybere položka „INTERNÍ GSM“ a vedle ní se musí kliknout na „KLADÍVKO“.

V části „PROVIDER“ je nutné mít nastaveno pole „INTERNET“ a „DNS server“ musí být vypnutý tlačítkem „OFF“. Dále nastavíme „SÍŤ“, ve které bude prováděna korekce. Většinou se jedná o „NTRIP“ a vyplňuje se pro všechny sítě pomocí čtyř políček, což jsou „IP ADRESA“, „PORT“, „UŽIVATELSKÉ JMÉNO“ a „HESLO“. Následně se definuje název sítě. V mém případě se konkrétně jedná o připojení přes „CZEPOS“, kde bylo nutné se přes stránky www.cuzk.cz zaregistrovat. Při registraci jsem si musel zvolit uživatelské jméno a heslo a dále pak v návodu nastavit IP adresu a port. Tyto čtyři údaje je poté nutné zadat do „NTRIP“ vysílače pro správné provádění korekcí.

3.4.3 Měření

Pro vlastní měření přejdeme z listu „ZAKÁZKA“ do listu „MĚŘENÍ“, kde vybereme „BOD 1“ sloužící položce „ULOŽIT BODY“, což je uložení bodů v terénu. Důležitý parametr, který stále sledujeme je „FIXNÍ ŘEŠENÍ“, jež je zobrazené v levém horním rohu. V levém dolním rohu vidíme „ČÍSLO BODU“, „POPIS“, „VÝŠKU VÝTYČKY“,

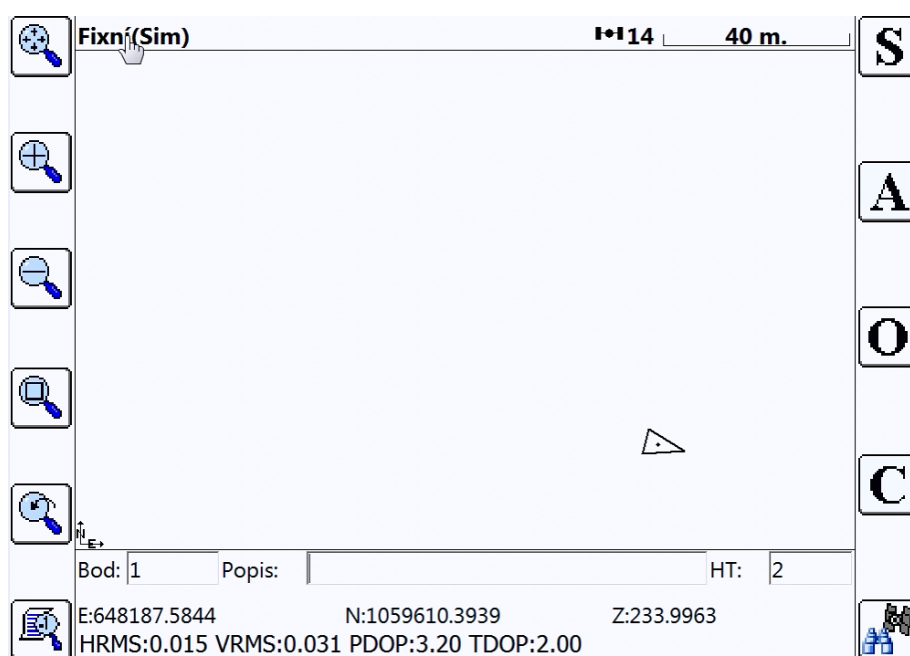
„SPODEK ZÁVITU“, „GPS“, „JTSK SOUŘADNICE“, „HORIZONTÁLNÍ“ a „VERTIKÁLNÍ“ polohovou přesnost, „PDOP“ a další parametry dle nabídky přístroje, se kterým je měření prováděné.

Vlastní měření se provádí stisknutím tlačítka „S“ nebo klávesou „F2“, čímž se uloží měřený bod. Chceme-li dělat pevný bod, tak musíme zmáčknout tlačítko „A“ jako average tzv. průměrování, kde je důležité si vybrat dobu, kterou chceme průměrovat, a to buď dle odečtu, nebo dle času v minutách, kde 0,5 je 30 vteřin. Můžeme vybrat další zatržítka jako je třeba „ZOBRAZENÍ STATISTIKY PRŮMĚRU“, „ZAPÍPÁNÍ NA KONCI“ a další faktory. Klinutím na ikonku „TOLERANCE“ můžeme nastavit „CHYBU HORIZONTÁLNÍ“, „VERTIKÁLNÍ“ a „PDOP“. Bez tohoto nastavení, nebo v případě, že toto nastavení překročíme, nám systém nedovolí uložit bod v průměrování. Pro průměrování je tedy tolerance velice důležitým prvkem. Po zmáčknutí „ZELENÉHO“ tlačítka začne vlastní měření. Během průměrování máme dvě možnosti – tlačítka „UKONČIT PRŮMĚROVÁNÍ“ a „ULOŽIT“, což znamená zkrácení průměrování na daný okamžik a uložení bodu, nebo druhé tlačítko, které slouží ke „ZRUŠENÍ“ průměrování. Zrušení se většinou používá například při zjištění, že nemáme fixovanou polohu, nebo máme vysoké střední chyby. Pokud máme všechno v pořádku, bod se uloží.

Dalším tlačítkem pro měření je „O“ neboli ofset tzv. doměrek. Doměrek je možné provádět třemi způsoby. Nejprve se jedná o „ZAMĚŘENÍ BODU“, „ULOŽENÍ VZDÁLENOSTI“ a „ULOŽENÍ HORIZONTÁLNÍHO ÚHLU“, nebo lze bod vůči nějakému jinému bodu. To se provádí tak, že nejprve změříme jeden bod a vyplníme příslušné parametry. Lepší metodou použití je „PRŮSEČÍK nebo „UKLÁDÁNÍ POMOCÍ DVOU BODŮ“. V módu „PRŮSEČÍKŮ“ se změří první bod a vyplní se „PARAMETR“, tzn. vzdálenost bodu směrem od měřeného bodu. Dále je třeba změřit druhý bod a opět vyplnit „PARAMETR“. Ve výsledcích je následně vidět bod první i bod druhý a jejich souřadnice.

Závěrečnou metodou měření je měření pomocí dvou bodů na prodloužení. To se provede tak, že změříme první bod, přesuneme se k druhému bodu a vyplníme odsazení od druhého bodu v přímém směru, tedy tak daleko, jako je náš měřený bod vzdálen od druhého měřeného bodu.

Tlačítkem nutným ke zvolení je bod „C“ neboli „KONFIGURACE“. V konfiguraci se nachází několik pro nás zajímavých zaškrtačích tlačítek. Například vyplnění dotazu na „VÝŠKU“ a „POPIS“ nám způsobí to, že po změření bodu zde vyskočí tabulka, která umožňuje měnit „ČÍSLO BODU“, „VÝŠKU“, „KÓD“ a „POPIS BODU“. Pokud toto zaškrtnuté nemáme, musíme vše vyplňovat předem. V případě, že si zaškrtneme tlačítko dotaz „VÝŠKU“ a „POPIS BODU“, bude nám zpřístupněna možnost pořídit si fotografii příslušného bodu, který jsme zaměřili. Dalším listem v pořadí je „ZOBRAZENÍ BODU“, sem můžeme přidat zobrazení z bubliny, v případě že se jedná o přístroj s bublinou, což se zobrazuje, pokud máme přístroj ve správné poloze, nebo pokud jsme příliš vyklonění ze svislého směru.



Obrázek 26 - Uživatelské rozhraní - měření bodů [vlastní zdroj]

Posledním tlačítkem jsou „PODROBNOSTI O MĚŘENÍ“, kde můžeme např. zjistit, kolik máme připojených satelitů, nebo též lokální výšku, PDOP, HDOP, polohu a pohled na satelity. Zajímavým listem je list s názvem „REFERENCE“, na kterém se zobrazuje, jak jsme vzdáleni od referenční stanice. Dle doporučení provozovatele referenčních stanic by vzdálenost měřeného bodu od referenční stanice neměla přesáhnout 40 km.

3.4.4 Import a export

V této podkapitole si představíme importy a exporty dat. Především import nebo export bodu se v listu „SOUBOR“ provádí výběrem položky „IMPORT/EXPORT“, kde následně zvolíme položku „IMPORT ASCII SOUBORU“ nebo „EXPORT ASCII SOUBORU“. Volba spočívá v závislosti na našem požadavku.

Import Ascii souboru:

Při zvolení možnosti „IMPORT ASCII SOUBORU“ se nám otevře nová obrazovka s různými možnostmi. V této fázi je nejdůležitější mít správně zvolený formát. Tento úkon se provádí v části s názvem „VLOŽIT/VYBRAT FORMÁT“. Pro import bodů ve správném formátu musíme mít pro body zvolený typ „P“, „X“, „Y“, „Z“, „D“. Import pak probíhá nejčastěji z textového souboru s koncovou .txt, avšak program SurvCE 5 nabízí možnosti importu i ze souboru jiných formátů. Pokud máme tedy správně zvolený formát a podporovaný soubor pro import, zadáme soubor k importu pomocí tlačítka „VYBRAT SOUBOR“. Tím se nám otevře nové okno pro výběr souboru s body, které chceme importovat. Standardně je tedy nastaven typ souboru .txt, ale kliknutím na rozbalovací okno v levé horní části můžeme vybrat i jiný podporovaný typ souboru. Pokračujeme zvolením požadovaného souboru, dvojitým poklepnutím myši dojde k prvnímu importu bodů ze souřadnic do programu SurvCE 5. Pokud importovaný soubor obsahoval i hlavičkové údaje, což zjistíme pomocí zobrazení v náhledu, musíme v nastavení pod zobrazením importovaných bodů volit, kolik řádů je určeno pro hlavičku. Jestliže importovaný soubor neobsahoval žádné hlavičkové údaje, bude zde nastavena nula.

Níže je třeba vybrat ještě další body k importu. To je možné provést dvojitým způsobem. První možností je zvolit rozsah bodů, které chceme importovat. Druhou možností je zvolit možnost importovat všechny body, což se provádí vyplněním hodnoty „ALL“ do políčka s názvem „BODY K IMPORTU“. Pokud jsme tedy vše správně nastavili, máme umožněno přejít k dalšímu kroku a to tak, že první krok potvrdíme bílou fajfkou v „ZELENÉM“ rámečku, který se nachází v pravém horním rohu. Dále se dostáváme ke kroku druhému, to jest vybrání souboru „ZAKÁZKY“, do kterého chceme body přesunout. Vybereme „SOUBOR“ a opět potvrdíme. Program zobrazí informace o importovaných bodech a tím je import bodů dokončen. Kontrolu můžeme provést v základní záložce

„SOUBOR“ kliknutím na položku tři „SEZNAM BODŮ“, kde by se již měly všechny body, které byly do zakázky přeneseny, zobrazit.

Export Ascii souboru:

Export do textového souboru je druhou možností, kterou program nabízí. Nalezneme ho v záložce pojmenované jako „IMPORT/EXPORT“. Pokud chceme exportovat naměřená data tímto způsobem, musíme po výběru položky import/export, zvolit položku druhou a to „EXPORT ASCII SOUBORU“. Zde je důležité mít nastaveno „POŘADÍ SOUŘADNIC“ z rolovacího menu, a to prostřednictvím výběru „ČÍSLO BODU“, „VÝCHOD“, „SEVER“, „VÝŠKA“, „KÓD“.

Níže si zvolíme „ODDĚLOVAC“ s ohledem na využívání dat dalšími softwary. Zde máme možnosti hodnoty v řádku oddělovat pomocí čárky, mezery, tabulátory, případně další definovanou klávesou, např. pomlčkou. Následně volíme „ROZSAH“ bodů, které chceme exportovat. Výchozí nastavení je takové, že se zde automaticky přednastaví rozsah pro všechny měřené body. Rozsah si můžeme libovolně měnit, dle našich požadavků.

Pro export se nabízí ještě další možnosti. Máme prostor k označení, zda chceme k bodům „EXPORTOVAT POZNÁMKY“, které jsme si u jednotlivých bodů během měření vytvářeli, popřípadě přidáváme informace o bodu a jeho atributy.

Nakonec je třeba zvolit „POZICE“ bodů pro export, a to s přesností podle toho, na kolik desetinných míst chceme pozice bodů exportovat. Po provedení uvedeného nastavení potvrzujeme naše zadání opět pomocí bílé fajfky v „ZELENÉM“ čtverečku, k naleznutí je v právním horním rohu. Dochází k otevření zakázky, ve které pracujeme, s nabídkou „ULOŽIT NOVÝ SOUBOR“, který se automaticky pojmenuje, a to dle aktuální zakázky s koncovou příponou .txt, případně vzhledem k výběru typu exportu. Název můžeme buď ponechat, nebo přepsat tak, jak potřebujeme. Následně už stačí jen „POTVRDIT“ naši volbu a tím se požadované body přenesou.

4 VÝSTUPY MĚŘENÍ

Počátek geodetického (zeměměřického) měření sahá až do doby před naším letopočtem. V první fázi se geodetická činnost orientovala pouze na bezprostřední okolní sídla a nepříliš rozlehlá území. Vědním oborem se stávala postupnou cestou, na níž se zobrazuje snaha určit tvar a velikost Země. Také docházelo k podrobnějšímu mapování známých území. Největšího rozmachu dosáhla geodézie, před jedním tisícem let, na východě v Persii, tam dokázali velmi přesně určit poloměr naší planety, dokonce se tak stalo o 600 let dříve než v Evropě. [8], [13], [17]

Dnes je geodézie označována jako věda, která se zabývá se přesným určením polohy bodů v prostoru. Výsledky z geodetických měření jsou využity pro tvorbu plánů a map, jež jsou využívány i v jiných oborech. Vývoj moderní technologie dopomáhá v několika posledních desetiletích měnit výrazným způsobem geodetické měření. [8], [13], [17]

V minulosti se měřilo pomocí teodolitu, tím však dokázali zeměměřiči změřit dostatečně přesně a rychle pouze úhly. Naopak dnes můžeme měřit s přesností nejenom úhly, ale také vzdálenosti, a to díky vynálezu totální stanice. V souvislosti s rozvojem GNSS systémů je prosazováno také přímé měření v souřadnicích. Geodetická GPS zvládne určení polohy v reálném čase s centimetrovou přesností. [8], [13], [17]

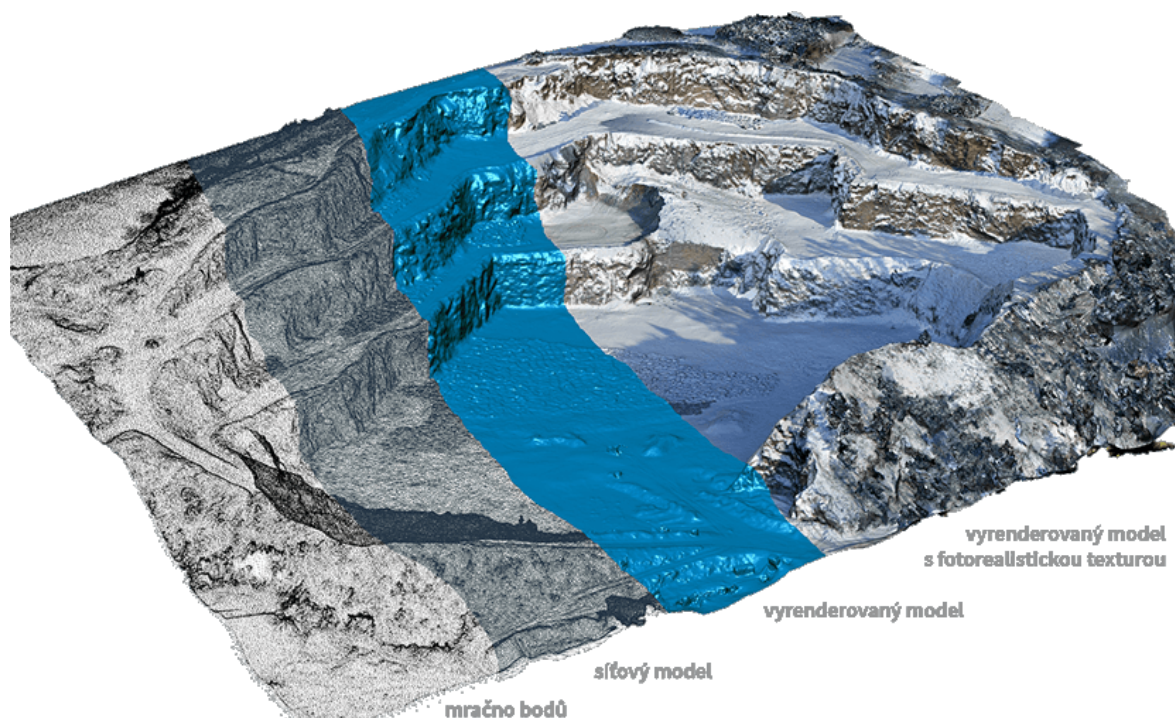
4.1 DIGITÁLNÍ MODEL

Prostřednictvím měření získáme digitální modely terénu. Úplně poprvé byly tyto modely použity kolem roku 1950. Dělo se tak na Massachusetts Institute of Technology, přesněji v oboru geoinformatiky. [5]

DMT je zkratka používaná pro digitální model terénu. Jedná se digitální popis a prezentaci reálného povrchu. Konkrétně jde o plochu reliéfu povrchu Země ve 2D nebo 3D zobrazení. Na digitálním modelu terénu lze vidět a analyzovat jevy spojené s topografií a reliéfem krajiny. Dále nám DMT umožňuje také průzkum jevů, které jsou závislé na výškové členitosti území. [5]

Digitální model je využívám v různých odvětvích. Pro nás je velmi důležité, že se dá DMT prakticky využít ve stavebnictví, například při projektování silnic, železnic, vodních nádrží, těžby a pozemních úprav. Pokud použijeme vhodné nástroje, pak můžeme vypočítat

i objem přesouvaných hmot. Pro optimalizace tras, analýzu viditelnosti v terénu, letové simulace, analýzy dostupnosti a dohlednosti a spoustu jiných využívá DMT také jeden z největších uživatelů a tj. armáda. Pro příklad můžeme uvést ještě některé z dalších využití. Hospodaření s přírodními zdroji a přírodní vědy používají DMT např. k tvorbě map rizik, využívaných k simulaci půdních sesuvů a zemětřesení, k analýze říčních koryt, k analýze záplavových území, dále pro těžební strategie atd. [5]



Obrázek 27 - Struktura digitálního modelu terénu [16]

Lze rozpoznávat několik druhů digitálních modelů terénu. Liší se podle skutečnosti, kterou daný model popisuje. Také se odlišují tím, zda jsou k popisu využity jen body nebo i plochy a linie. Vyjmenujme si nyní druhy digitálních modelů terénu.[5]

1. Digitální model reliéfu (DMT = digital terrain models) plochy reliéfu „holého“ zemského povrchu

– Vyskytuje se bez vegetace, silnic, budov atd.

2. Digitální model povrchu (DMS = digital surface models)

- Zobrazuje povrch terénu a plochy všech objektů nacházejících se na něm (např. budovy, vegetaci atd.).

3. *Digitální výškový model (DEM = digital elevation models)*

- Jde o model reliéfu, který obsahuje výhradně body nadmořských výšek. [5]

4.2 Nepřímé metody sběru dat

Při sběru dat lze využít dvě metody. Jde o metodu přímého měření a metodu měření nepřímého. Zde věnuji pár vysvětlujících vět k metodě nepřímého sběru dat. V následujících podkapitolách konkrétně zjistíme, jaké máme při využití této metody možnosti. [7]

Data pro modelování terénu je možné odvodit z již existujících zdrojů. Mezi nejčastější formu patří vektorizace analogové mapy. Dále lze užít data z datových zdrojů, jež poskytuje Český úřad zeměměřický a katastrální (např. ZABAGED). Datové zdroje je možné získat zdarma. Zde můžeme mluvit např. o digitálním modelu terénu pro Českou republiku z mise raketoplánu Endeavour. [7]

4.2.1 ZABAGED

Data pro modelování terénu je možné nalézt také v základní bázi geografických dat České republiky značeno často užívanou zkratkou ZABAGED. Jedná se o komplexní digitální geografický model území České republiky. [7]

V roce 1995 byla poprvé pořízena data pro ZABAGED prostřednictvím skenování a vektorizace. Teprve v roce 2004 byla databáze zaplněna všemi nadefinovanými objekty, a to v rozsahu území celé České republiky. Došlo také k vytvoření a obnově státních mapových děl zobrazovaných ve středních měřítkách. Rok 2012 byl počátkem zpřesňování vybraných typů objektů. V první řadě se zde jedná o silnice a dálnice, železniční tratě, osy vodních toků atd. Zpřesnění údajů mohlo být provedeno na základě dat pořízených prostřednictvím leteckého laserového skenování. Zahájení zpřesnění stavebních objektů, a to konkrétně budov, proběhlo v roce 2015. Obsah ZABAGED je nadále postupně rozšiřován na základě toho, co žádají jeho uživatelé. [7]

ZABAGED funguje jako hlavní zdroj podkladů pro vytváření základních map ČR uvedených v měřítkách 1:10 000 až 1:100 000. V územně zaměřených informačních a řídicích systémech veřejné správy ČR jsou geografická data našeho státu využívána jako základní informační vrstva. [7]

Databázi ZABAGED má pod svou správou český zeměměřický úřad. ZABAGED jako součást informačního systému zeměměřictví se řídí dle zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o zeměměřictví“). Obsah a předmět správy ZABAGED je dán vyhláškou č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon o zeměměřictví. [7]

V současné době obsahuje ZABAGED 122 typů geografických objektů rozdělených do dvou částí. Některé spadají do části polohopisné, jiné do výškopisné části. [7]

V **polohopisné části** se nacházejí údaje o geodetických bodech na území ČR. Polohopis existuje v podobě bezešvé databáze pro celé území naší země. Nalezneme zde dvourozměrně vedené (2D) informace, a to popisné a prostorové. Informace se týkají komunikací, sídel, vodstva, vegetace, povrchu, rozvodných sítí a produktovodů, územních jednotek, chráněných území a terénního reliéfu. [7]

V části obsahující **výškopisná** data poskytuje ZABAGED informace ohledně výškových poměrů terénního povrchu neboli reliéfu i se stavbami a rostlinným pokryvem. Objekty jsou v databázi pravidelně a celoplošně aktualizovány a revidovány. Existují dvě možnosti aktualizace objektů, a to plošný a průběžný způsob aktualizace. [7]

Plošný způsob označován také jako **periodický způsob aktualizace** probíhá pomocí místního terénního šetření, dále prostřednictvím informací získaných od orgánů veřejné správy, a též na základě dat, které jsou získány z dálkového průzkumu země. [7]

Průběžný způsob aktualizace je realizován podle potřeby. Aktualizace se uskutečňuje díky spolupráci se správcí informačních systémů veřejné státní správy. [7]

Základní báze dat České republiky je přístupná na internetových stránkách geoportálu českého zeměměřického a katastrálního úřadu, a to přes prohlížeč a stahovací služby. [7]

Pojďme si ujasnit, zdali je systém ZABAGED výhodný či nikoli a zkonkretizovat v čem (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 - Výhody a nevýhody systému ZABAGED

<u>VÝHODY</u>	<u>NEVÝHODY</u>
prolíná se s oborovými databázemi	menší obsah některých prvků (např. topografických)
obsahuje vyznačené hranice	oblast zapojitelných prvků je menší, konkrétně u rostlinného pokryvu a komunikací
většina uložených prvků je odlišná	plošné prvky jsou uvedeny jako linie (tj. mokřiny, budovy, aj.)
je více podrobný	je pomaleji aktualizován
	cena dat je vyšší než u ostatních

4.2.2 Vektorizace analogových dat

Vektorizace analogových dat je jednou z nejčastěji využívaných metod nepřímého sběru dat. Jde o převod dat z rastrové podoby do podoby vektorové. Pokud nastane případ, že nemáme k dispozici data digitální, musíme k digitalizaci výškových bodů a vrstevnic využít naskenované analogové mapy. Jde o mapy papírové a mapy na pet foliích. Metody vektorizace rastrových analogových dat používají katastrální úřady k digitalizaci katastrálních map. [20]

Pro lepší přehled si uvedeme obecný postup, jak vektorizovat mapy určené pro tvorbu digitálního modelu terénu. [20]

Vektorizace map – obecný postup

1. Je třeba vybrat si dostupný mapový podklad dle lokality a účelu.
2. Oskenujeme si mapový podklad na potřebné rozlišení.
3. Transformujeme, ořezáváme, napojujeme mapové listy, a to dle potřeby.
4. Probíhá vektorizace mapového podkladu.
5. Dochází k vytvoření digitálního modelu terénu.

Existují tři základní metody užívané pro vektorizaci: **ruční metoda, poloautomatická metoda a metoda automatická.** [20]

Ruční metoda vektorizace je nejméně náročný způsob zpracování dat v závislosti na podkladech. Metoda je vhodná pro staré podklady anebo velice řídké podklady. Jde o přichytávání vektorových prvků na rastrovou kresbu, která již existuje. K tomu je využíván program Kokeš a MicroStation. Nevýhodou je však zdoluhavost tohoto procesu. [20]

Druhou možností je **poloautomatická metoda vektorizace**. Podle kvality podkladu se v programu pro vektorizaci (např. ArcScan, nebo MicroStation Descartes) nastaví několik důležitých parametrů pro zautomatizování činnosti (tj. maximální šířka linie, kvalita rastrových podkladů atd.). [20]

Postup při použití je následující:

1. Zvolí se počátek rastrové linie.
2. Systém se pokusí identifikovat rastrový objekt a ukáže směr vektorizace.
3. Při potvrzení od operátora se začne vektorizovat, až do doby, než narazí na překážku (např. mezeru, křižovatku) či sporný bod, na kterém se zastaví.
4. Čeká na další instrukce, zdali má pokračovat a v jakém směru.

Třetí možnou metodou je **automatická metoda vektorizace**. Zde dochází k převedení rastru na vektor. K tomu se používá software ARC/INFO GRID a MicroStation Descartes. Tento proces probíhá automatizovaně. Metodu však není možné použít k převodu běžných analogových podkladů, ale jen pro tištěné mapy z digitálních podkladů. Při automatické vektorizaci je třeba, aby uživatel na závěr provedl kontrolu chyb, protože jich zde může být hned několik (např. nadbytečné body aj.). Na rozdíl od dvou předchozích metod vektorizace se vzhledem k nutnosti zpětné kontroly nejedná o metodu rychlou. [20]

4.3 Přímé metody sběru dat

Metody ke sběru přímých dat jsou dvě. První je metoda formou geodetického měření tzv. nivelace a tachymetrie v terénu. Druhá možná metoda je pomocí měření se stanicí GNSS. Při jejich použití získáváme přímo měřená data. Měření velmi přesně určí polohy a výšky. V případě, že k práci využijeme laserové skenování a radarové snímání, jsou naměřená data poskytnuta v řádu desítek centimetrů. [14], [19],[20]

Použitím přímého měření vzniknou data vhodná již k účelu modelace terénu.

4.3.1 Nivelace

Výškové měření jiným slovem nivelace v praxi znamená určení rozdílu výšek dvou bodů vzhledem ke zvolenému horizontu. Horizont musí být realizován do vodorovné polohy vyrovnaným dalekohledem nivelačního přístroje v závislosti na okolním terénu. To znamená, že nivelační přístroje nám svou funkcí umožňují vytyčit vodorovnou rovinu. [14]

Nivelační přístroje jsou potřeba především ve stavebnictví. K základním měřickým úlohám patří správné určení výškových úrovní již od počátků stavebnictví. Začínalo se s vodováhou, poté přišel libelový nivelační přístroj, což je starší konstrukce zmiňovaného automatického nivelačního přístroje užívaného dnes. V dnešní době se na trhu začínají prosazovat také elektronické nivelační přístroje s odpovídajícím výkonem. [14]

Každá stavební firma by měla mít nivelační přístroj k dispozici vzhledem k tomu, že mimo využití při výškovém měření, jej lze využít též pro hrubé měření vzdáleností nebo pro základní úhlové měření. [14]

Kromě stavebnictví využívají opticky přesné nivelační přístroje pro výškové měření i některé další obory. Můžeme jmenovat například zemědělství, strojírenství či architekturu. [14]

4.3.2 Tachymetrie

Dříve tacheometrie nyní nazývána jako tachymetrie se dá přeložit jako „rychloměřičství“. Pro vysvětlení – skládá se z řeckých slov tacheo tzn. rychlost a metrein tzn. měřit. Metoda je mnohostranně využívána pro rychlé zaměření terénu s dostatečnou přesností. Je používána pro projektovou dokumentaci, a též pro tvorbu vrstevnicového plánu. Vzdálenost je však možné měřit pouze nepřímou. [19]

Pro provedení tachymetrie musíme zvolit stanoviště tzv. tachymetrické stanoviště. Jedním zaměřením ze stanoviště dostaneme prvky, které jsou nutné pro určení polárních souřadnic a výšky podrobného bodu. Prvky jsou zde myšleny jak výškový úhel (sloužící pro výškový rozdíl), tak vodorovný směr a laťový úsek (sloužící pro délku). V případě, že tachymetrická stanoviště chybí, mohou být zaměřena stejnou metodou. [19]

Tachymetrii lze rozdělit podle toho, který přístroj k měření využíváme. Existuje tachymetrie grafická neboli stolová (kombinace s měřičským stolem), tachymetrie číselná, rovněž označována jako nitková, která nevyužívá grafických postupů. Dalšími druhy jsou tachymetrie s elektronickým tachymetrem a v posledním případě se jedná o tachymetrii blokovou. [19]

Přístroj zvaný tachymetr je tím důležitým měřicím zařízením sloužícím k provedení tachymetrování neboli tachymetrického měření. V podstatě se jedná o minutový teodolit, což je geodetický přístroj sloužící k měření a vytyčování vodorovných a svislých úhlů. Teodolit je vybaven optickým dálkoměrem, a to nitkovým se svislou latí. Jako nejvíce používaný tachymetr v současnosti je ten elektronický. Je vybaven odrazovým reflektorem neboli hranolem umístěným na výsuvné výtyčce, ten slouží k měření délek místo tachymetrické latě. [19]

4.4 Vlastní zpracování měření

Rozhodl jsem se, že pro své výpočty provedu měření na výkopu pro vodovodní přípojku. Podle projektových podkladů měří trasa vodovodní přípojky celkem 50,50 m. Tato trasa je rozdělena na dvě části.

První část tvoří trasa, ve které budou umístěny tři vodovodní trubky. Tento úsek má délku 46,00 běžných metrů. Šířka spodní části výkopu je 1,0 m a hloubka výkopu je vzhledem k původnímu terénu 1,20 m. Ve druhé části dojde k tomu, že jedna trubka bude odbočovat. Tuto trubku pro svou práci zanedbám a budu počítat, že zde dojde pouze ke zúžení výkopu.

Následně volím pro pokračování trasy, ve které by dle schválené projektové dokumentace měly vést dvě vodovodní trubky. Úsek, ve kterém povedou tyto vodovodní trubky měří 4,50 běžných metrů. Šířka výkopu ve spodní části tohoto úseku je zmenšena na 0,80 m a hloubka výkopu zůstává stejná jako v předchozí části, tedy 1,20 m vzhledem k původnímu terénu. Pro mé výpočty i pro měření budu však používat hloubku 1,00 m. Důvodem je, že před zahájením prací, a také před prvním měřením, bylo nutné strhnout vegetační vrstvu neboli ornici v mocnosti 20 cm.

Vzhledem k tomu, že výkop nebude pažený, tak je z bezpečnostních důvodů nutné provést svahování. Svahování bude provedeno takovým způsobem, že vrchní hrana výkopu bude rozšířena oproti spodní hraně výkopu, a to v poměru 1:5. Jak uvádím výše, výkop bude hluboký 1,00 m a 0,80 m. Po přepočtení svahování je proto nutné výkop rozšířit o 20 cm na každou stranu. Tím získáme lichoběžníkový průřez, jenž má v první části horní šířku 1,40 m a v dolní části šířku 1,00 m s výškou 1,00 m. Ve druhé části pak dostaneme lichoběžníkový průřez, který má v horní části šířku 1,20 m a v dolní části šířku 0,80 m s výškou 1,00 m.

4.4.1 Protokol určení bodů technologií GNSS

Vlastní zpracování měření má základní výstup a tím je protokol, jehož náležitosti jsou jasně specifikovány.

Součástí balíčku naší zakoupené GNSS stanice je také program, který se jmenuje Transform MAX 2. Tento program je dodáván společností geobchod, s.r.o. a byl Českým úřadem zeměměřic kým a katastrálním schválen pro transformaci souřadnic bodů měřených pomocí GNSS technologií.

Program pracuje tak, že po načtení souřadnic z měření, které jsou změřené v souřadnicovém systému ETRF2000, provede jejich transformaci do souřadnicového systému S-JTSK.

Souřadnicový systém S-JTSK je v praxi velice důležitý. Jde o souřadnicový systém, jenž využívají především CAD systémy. Podklady z měření transformované do systému souřadnic S-JTSK slouží jako materiál pro zpracování mnoha různých projektů. Po provedení transformace a vyplnění základních údajů o měření (tj. lokalita měření, katastrální území, vyplnění údajů o GNSS přístroji, jímž se měřilo) je možné za pomoci dodaného programu Transform MAX vygenerovat protokol z měření, který obsahuje stanové údaje. Důležité je zde, jaký byl použit transformační postup do S-JTSK souřadnicového systému a jakým zpracovatelským programem (název a verze) byla transformace provedena.

Přílohy protokolu by měly obsahovat jednotlivé výstupy z aparatury, tedy hodnoty zaznamenané v průběhu měření pomocí měřicí stanice (tj. číslo bodu, výška antény, počty družic, hodnoty PDOP atd.). Další důležité hodnoty, jež musí být zaznamenány, jsou: nastavení parametrů s výsledkem a charakteristickou přesností početního zpracování

vektorů jednotlivých bodů. Jako součást přílohy protokolu jsou též souřadnice identických bodů pro transformaci spolu s odchylkami dosaženými po transformaci. Do protokolu se dále přikládá schéma rozložení bodů, a to ve vhodném měřítku, případně s uvedením vzdálenosti mezi nimi. Protokol z vlastního měření, tedy tachymetrie vodovodní přípojky je přílohou č.1 této práce. Protokol z vlastního měření výkopu vodovodní přípojky bude vzhledem k jeho rozsahu přiložen na CD.

4.5 Teoretické měření

V rámci teoretického měření budu vycházet z projektových podkladů. Pokusím se vymodelovat ideální příklad, jak by měl výkop vypadat a následně vypočítat jeho objem.

Výpočet budu provádět nejprve prostřednictvím matematické metody za pomoci rozměrů výkopů a vzorců pro geometrické tvary. Následně pak pro výpočet objemu použiji projektový model, který budu zpracovávat v systému CAD. Na základě zpracovaného modelu a zobrazení kompletních informací o zpracovaném modelu z CAD systému zjistím jeho objem. Na závěr budu tyto dvě výsledné hodnoty mezi sebou porovnávat a zjišťovat, zda je možné brát výstupy ze systému CAD jako věrohodné a použitelné.

4.5.1 Výpočet matematickou metodou

Pomocí matematické metody si vypočítám objem, který by měl výkop mít. Pro výpočet použiji vzorec pro obsah lichoběžníku, protože profil výkopu odpovídá lichoběžníkovému tvaru. Tuto plochu vynásobím její délkou. Takto získám objem výkopu.

Jelikož trasa výkopu je tvořena ze dvou částí, je nutné, abych při výpočtu použil stejný postup jak pro první část trasy, tak i pro část druhou.

1.část trasy

- délka 46,00 m; šířka 1,40 m až 1,00 m; výška 1,00 m.

- vzorec pro výpočet plochy lichoběžníku: $S = \frac{a+c}{2} \cdot v$

$$- S = \frac{1,40+1,00}{2} \cdot 1,00 = 1,20 \text{ m}^2$$

Plocha lichoběžníku je 1,20 m².

- výslednou plochu vynásobím délkou výkopu a získám objem: $1,20 \cdot 46 = 55,20 \text{ m}^3$

2. část trasy

- délka 4,50 m; šířka 1,20 m až 0,80 m; výška 1,00 m
- vzorec pro výpočet plochy lichoběžníku: $S = \frac{a+c}{2} \cdot v$

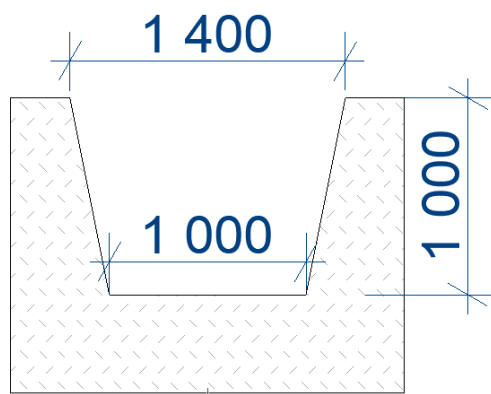
$$- S = \frac{1,20+0,80}{2} \cdot 1,00 = 1,00 \text{ m}^2$$

Plocha lichoběžníku je $1,00 \text{ m}^2$.

- výslednou plochu vynásobím délkou výkopu a získám objem $1,00 \cdot 4,5 = 4,50 \text{ m}^3$

Celkový objem výkopu

- celkový objem výkopu je tedy $55,20 \text{ m}^3 + 4,50 \text{ m}^3 = \underline{59,70 \text{ m}^3}$



Obrázek 28 : řez výkopu 1.části [vlastní zdroj]

4.5.2 Informace o použitém CAD systému

Druhá možnost výpočtů bude probíhat prostřednictvím softwaru s názvem ArchiCAD od společnosti Graphisoft. Společnost Graphisoft nabízí pro studenty středních a vysokých škol tzv. studentskou licenci, kterou jsem použil při zpracování své diplomové práce.

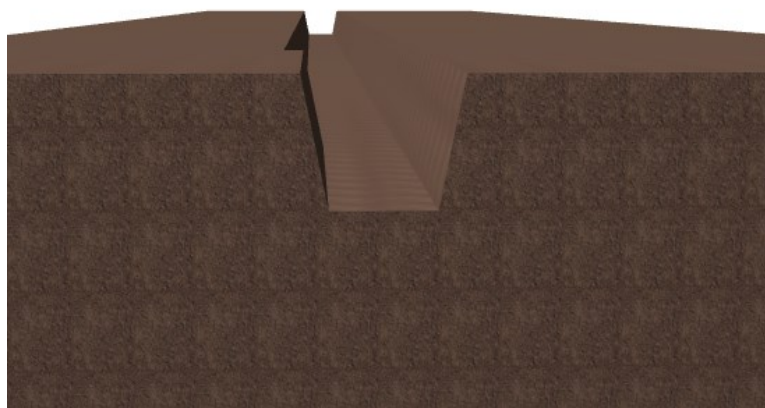
Firma Graphisoft měla, díky vývoji v oboru výpočetní techniky, v úmyslu vytvořit takový program, který by architektům a projektantům, ale také třeba studentům stavebních oborů, nenahradil pouze rýsovací prkno, ale pomohl a zefektivnil práci při navrhování budov. [1]

Tak vznikl ArchiCAD. Do praxe byl poprvé uveden Informační model budovy okolo roku 1987. Systém mnohonásobně usnadňuje práci, a to i díky možnostem parametrických objektů a tzv. virtuálního 3D modelu budovy (BIM = Building Information Modeling). Prostřednictvím tohoto systému lze také například propojit jednotlivé profese ke spolupráci. [1]

Společnost od doby uvedení první verze na trh, podstatně zapracovala na rozšiřování a zlepšování funkcí a možností systému. První verze systému ArchiCAD byla vytvořena jako základ, který stále zůstává součástí BIM architektonického softwaru. Jedná se o možnost kreslit stěny, okna, dveře, desky a střechy. Verze, které navazují na původní verzi, nabízejí další možnosti BIM modelace. Je dobré zmínit například verzi TeamWork, která umožňuje několika uživatelům pracovat současně na jednom modelu. [1]

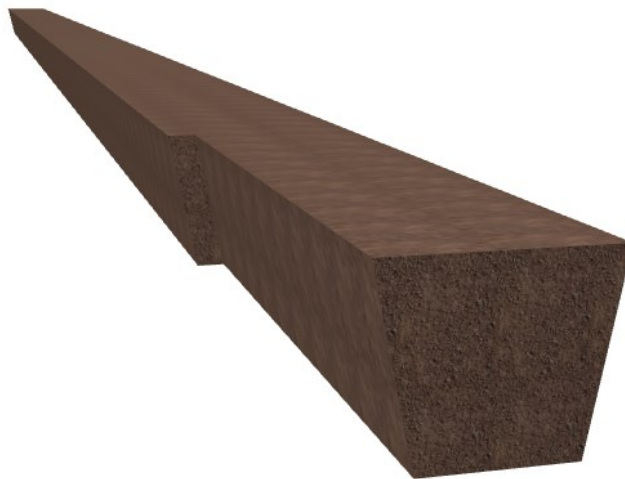
4.5.3 Výpočet pomocí ArchiCADu

Na základě projektových podkladů vytvořím pomocí programu ArchiCAD model výkopu viz Obrázek 29 (Obrázek 29 - Model výkopu (ArchiCAD)). Tento model sice odpovídá tomu, jak by měl výkop reálně vypadat, ale pro výpočet není vhodný, vzhledem k tomu, že CAD systém nedokáže spočítat prázdný prostor, ale pouze vytvořený model. Pro svůj výpočet tedy potřebuji tu část, která není v modelu obsažena. Jedná se o část nazývanou jako výkopek.



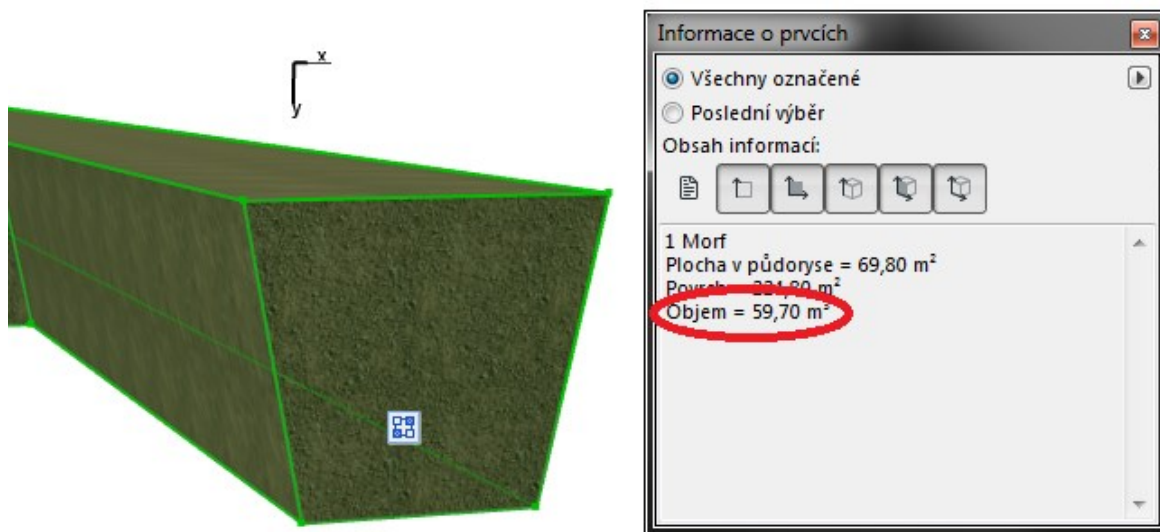
Obrázek 29 - Model výkopu (ArchiCAD) [vlastní zdroj]

Ve fázi, kdy mám vymodelovaný výkop, není nutné výkopek znovu modelovat. Vytvořím si pouze rovnou desku, od které výkop odečtu, díky tomu dostanu výkopek viz Obrázek 30 (Obrázek 30 - Model výkopku (ArchiCAD)) a ten mi poslouží pro požadované účely.



Obrázek 30 - Model výkopku (ArchiCAD) [vlastní zdroj]

Pokud mám model výkopku hotový, mohu pokračovat do dalšího kroku. Zde si zapnu funkci, která mi zobrazí kompletní informace o prvcích. Mým zvoleným prvkem je výkop, tudíž se dostanu ke kompletním informacím o modelu mého výkopku.



Obrázek 31 - kompletní informace o prvcích [vlastní zdroj]

Prohlédneme-li si Obrázek 31, můžeme vidět sekci kompletní informace o prvcích a s ním související výpočet.

Spočítaný objem pomocí CAD systému činí v tomto případě **59,70 m³**.

4.6 Praktické měření GNSS stanicí

Prostřednictvím GNSS stanice provedu zaměření bodů, ze kterých následně vytvořím bodové pole. Vytvořené pole přenesu do systému CAD, aby bylo možné provést další zpracování a zahájení výpočtu.

V rámci porovnání přesnosti výsledků vytvořím dvě bodová pole. První bodové pole bude mít síť bodů hustou, tudíž bych měl získat přesnější výsledek měření. Tato cesta je však celkem náročná a to, jak časově, tak i finančně. Druhé bodové pole proto bude obsahovat bodovou síť méně hustou. V konečné fázi, to jest během porovnávání výsledků, budu muset všechny tyto aspekty zohlednit.

Data, která získám během měření, mohu zpracovat dle uvážení přímo v místě, kde měření provádím. Velkou výhodou je, že všechna data, která potřebuji, jsou zpracována téměř ihned. Souřadnice x, y, z, jež jsou užívány k realistickému zobrazení terénu, mohu okamžitě odeslat rovnou do počítače, a to ve formátu souboru txt. V počítači se mi následně všechny souřadnice načtou. Díky tomu mohu začít porovnat výsledný terén s daty, která se dají zakoupit od Katastrálního úřadu.

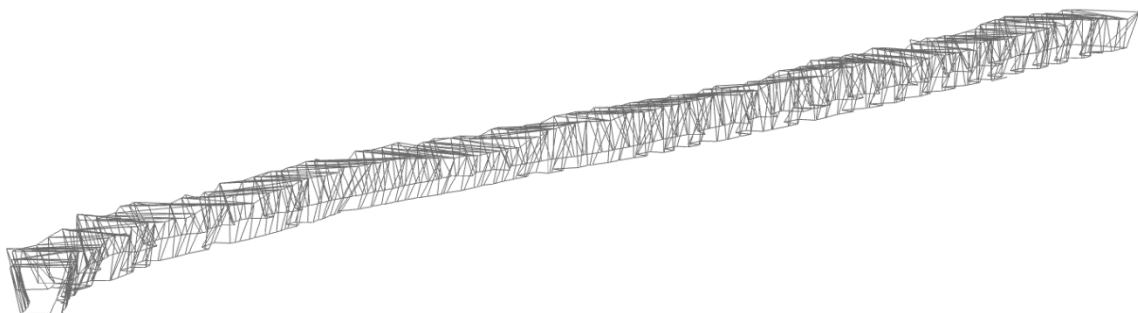
Proces přenosu dat do CADu probíhá s naprostou rychlostí a přesností. Ihned po odeslání si mohu zkontrolovat výsledky měření. Výsledky si mohu zobrazit buď ve formě 3D pohledu, nebo ve 2D provedení. V momentě, kdy je síť s terénem importována do CADu, mohu začít modifikovat jednotlivé body a upravovat je dle své potřeby. Práce na vytvoření přesného modelu terénu a jeho vizualizace se díky „jednomu kliknutí“ stává poměrně jednoduchou a nenáročnou činností.

4.6.1 Model na základě měření GNSS stanicí

Během měření jsem si vytvořil pomyslnou síť, ve které jsem zaměřil body. Body dle této sítě jsou od sebe vzdálené cca 30–40 cm. Vzhledem ke skutečnému stavu jsou některé

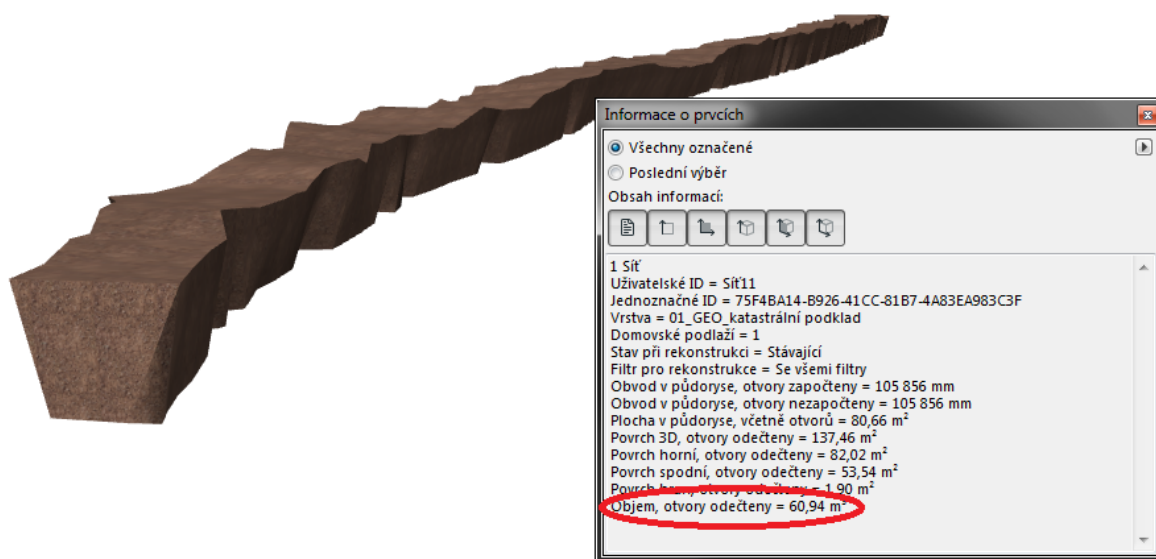
body ve větších vzdálenostech a některé jsou zase blíže, v průměru by se však dalo říci, že na výkopku je vytvořena síť o velikost 35 cm.

Po změření bodů a jejich přenesení do CAD systému jsem vytvořil síťový model, který je k vidění na obrázku (viz Obrázek 32). Uvedený model se stává základem mého dalšího výpočtu. V modelu si nastavím parametry, abych dostal 3D model výkopku s podrobnými informacemi.



Obrázek 32 - síťový model výkopku [vlastní zdroj]

Pro mou diplomovou práci je důležitý poslední údaj a tím je objem výkopku. Pro toto měření činí objem výkopku **60,94 m³**.



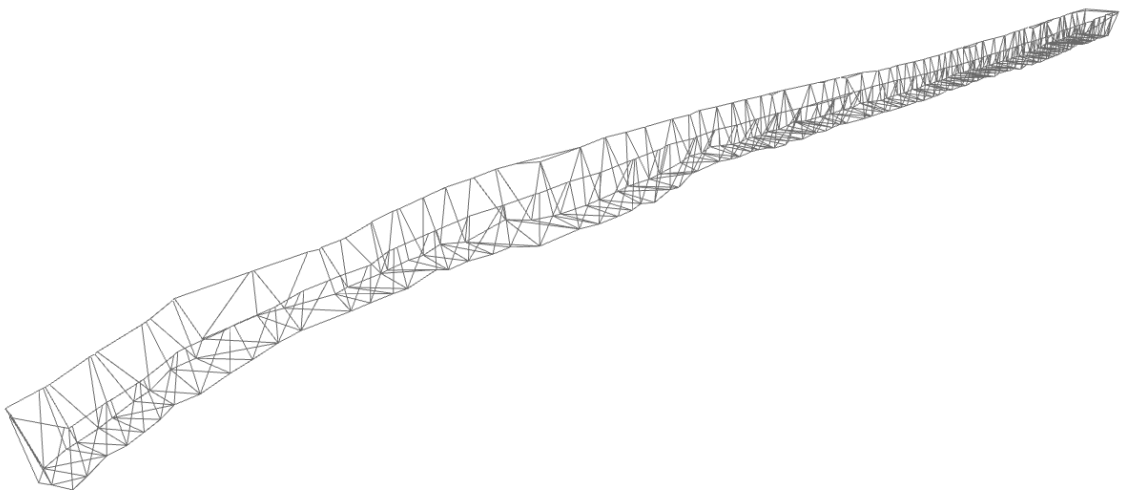
Obrázek 33 - 3D model výkopku s informacemi [vlastní zdroj]

4.6.2 Model s polovičním počtem měřených bodů

Zájmové území, na kterém jsem prováděl své měření není příliš rozsáhlé a během prvního měření jsem vytvořil velice hustou síť měřených bodů. Vytvoření této sítě bylo poměrně časově náročné, a proto jsem se rozhodl, že zkusím vytvořit ještě jeden model, který bude jednodušší na zpracování.

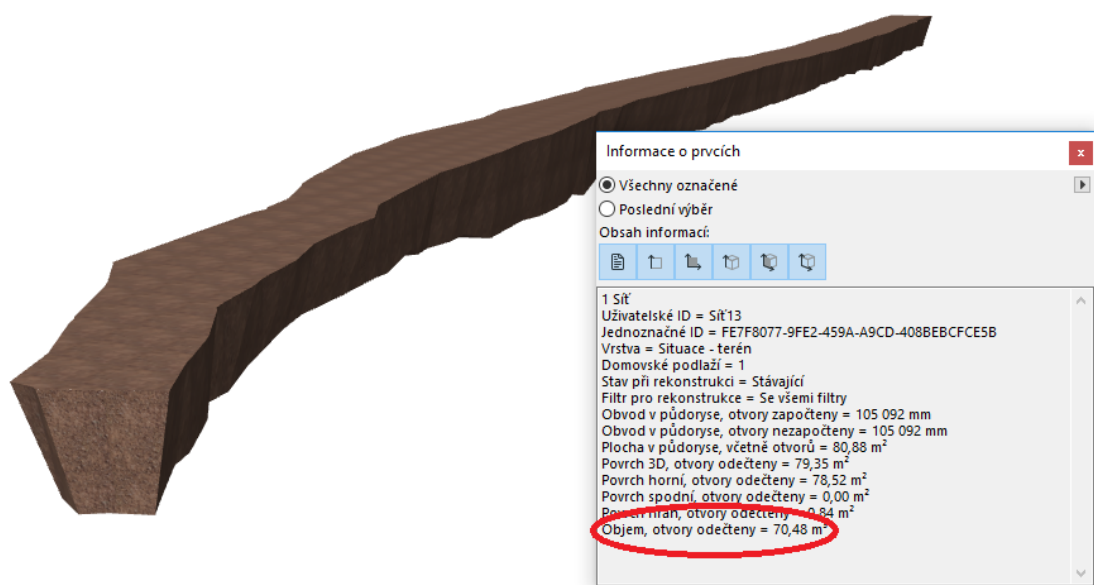
Jednodušší model tedy bude obsahovat mnohem méně měřených bodů, a proto bude rychlejší nejen samostatné měření, ale také zpracování dat a vytvoření digitálního modelu terénu.

Tento model má polovinu měřených bodů oproti modelu původním. Rozestup bodů tak tvořil síť cca 70–80 cm na 70–80 cm.



Obrázek 34 - Síťový model výkopku s méně body [vlastní zdroj]

Obrázek 34 ukazuje, že síť není tak moc hustá, jako v minulém případě, a proto nebude měření dosahovat takové přesnosti, jako tomu bylo u předchozího modelu.



Obrázek 35 - 3D model výkopku s informacemi [vlastní zdroj]

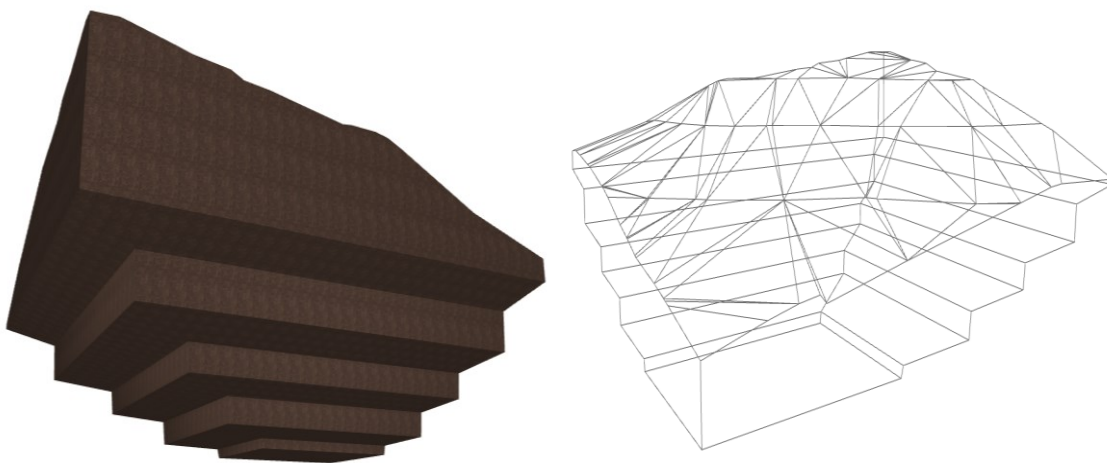
Při zobrazení kompletních informací o prvku ve 3D modelu vidím, že tento výkopek má objem **70,48 m³**.

5 POROVNÁNÍ PŘESNOSTI VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ CAD SYSTÉMU S RUČNÍM VÝPOČTEM

Pro výsledek výpočtu měření, který jsem zjišťoval na výkopu vodovodní přípojky, nebylo až tak důležité znát původní hodnoty terénu, protože při měření výkopu jsme provedli také měření horní hrany výkopu, a to po obou stranách. Při měření šíři výkopu 1,40 m, v části užší 1,20 m, jsem pomocí CAD systému snadno dopočítal původní terén.

Cílem mé práce není pouze zjištění, zda za pomoci měření GNSS stanic a přenesení bodu do CAD systému mohu nahradit matematický výpočet. Můj záměr je konkrétně takový, že na příkladu porovnání výsledků měření jednoduchého obrazce z výkopu zjistím, zda mohu provádět také výpočty a simulace na složitějších matematických obrazcích, které nelze spočítat tak jednoduchým matematickým způsobem. Jedná se například o model, který ukazuje Obrázek 36.

Může nastat situace, že máme změřit terén čtvercového nebo obdélníkové tvaru, který není v rovině a požadujeme u něho provést tzv. lavicové odkopání na dvou přilehlých stranách s vysvahováním do protilehlého rohu. Pokud v tomto případě nemáme již zaměřený stávající terén, je takřka nemožné spočítat, jaký objem horniny bude nutné odtěžit.



Obrázek 36 - 3D model a síťový model složitějšího obrazce [vlastní zdroj]

5.1 Porovnání přesnosti modelu terénu

Zjistit stávající stav terénu lze několika způsoby. Pro svou práci jsem si zvolil tři základní způsoby, jak lze získat model terénu.

Prvním a nejrozšířenějším postupem pro získání modelu terénu je provedení jeho změření.

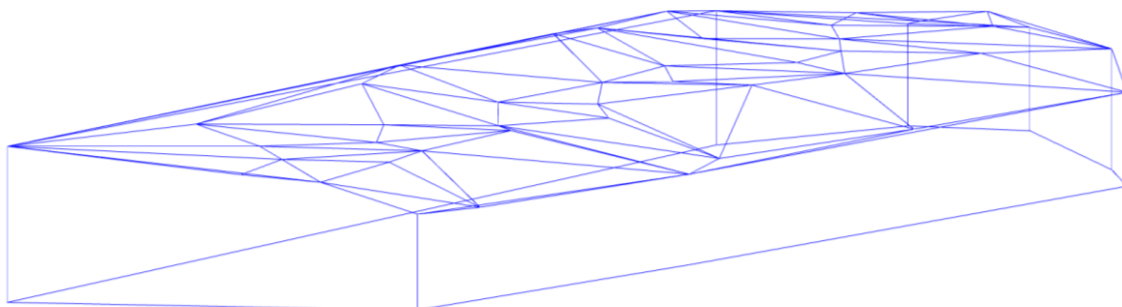
Dalším celkem jednoduchým způsobem, jak získat model terénu, je stažení modelu do CAD systému, konkrétně do ArchiCADu pomocí nástroje BIM Tools. V takovémto případě jsme od poskytovatele bohužel limitování rozsahem, který je možné v rámci jedné fáze využít. Limitujícím krokem je pro nás čtverec o rozměrech cca 60 x 60 m. V případě mého záměru jde o postačující velikost území, a tudíž mohu takto získaná data kompletně využít.

Třetím a posledním postupem k získání modelu terénu, jsou data zjištěná z katastru nemovitostí. Tato data jsou zpoplatněná, avšak pro mou diplomovou práci mi je katastr poskytl bezplatně.

5.1.1 Měření terénu

Měření terénu – katastrální území Kadaň:

Před zahájením prací na výkopu vodovodní přípojky jsem provedl zaměření stávajícího terénu. Účelem tohoto měření byl můj záměr porovnat terén s modely terénu, které je možné získat i bez provedeného změření.



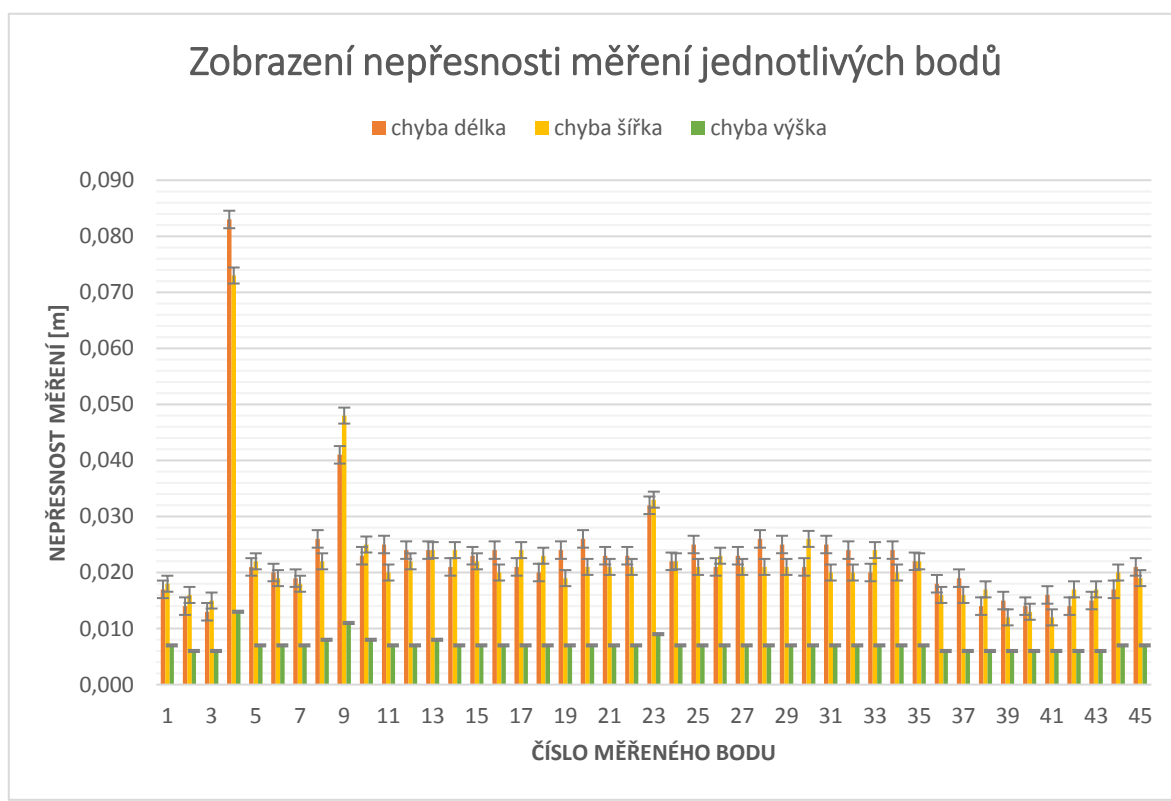
Obrázek 37 - Síťový model změřeného terénu [vlastní zdroj]

Během měření jsem získal celkem 45 bodů, které byly, až na výjimku jednoho bodu stanoveny s přijatelnou nepřesností. Vytvořil jsem graf, který znázorňuje porovnání měření (Graf 1).

Na grafu si můžeme povšimnout znázornění chybové délky neboli chybu v souřadnici x, nalezneme ji pod oranžovou barvou.

Dále vidíme chybovou šířku, jež reprezentuje chybu v souřadnici y, ta je v grafu označena barvou žlutou.

Třetí měřenou veličinu, tedy chybnou výšku, zde nalezneme taktéž, představuje nepřesnost v měření výšky. V grafu se vyznačuje barvou zelenou. Kompletní protokol se všemi naměřenými hodnotami jsem zařadil do této práce jako přílohou č.1.

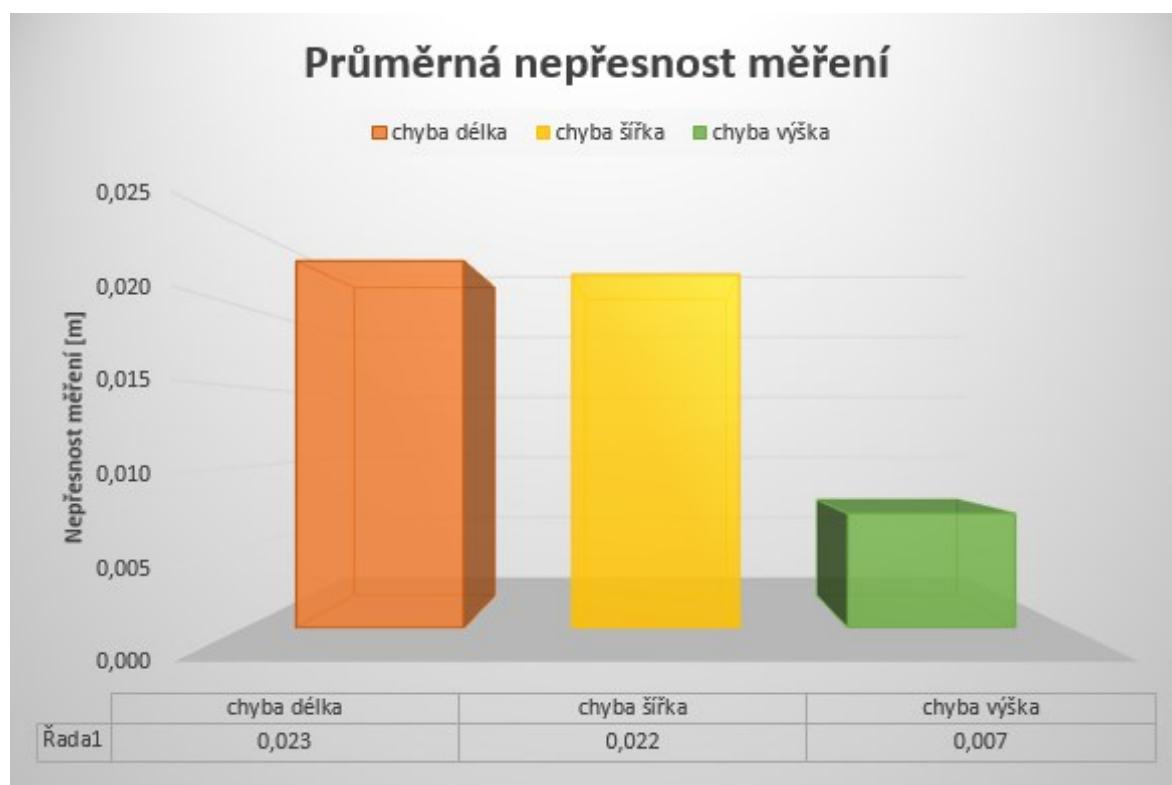


Graf 1 - Zobrazení nepřesnosti měření jednotlivých bodů [vlastní zdroj]

Vezmeme-li v úvahu průměrnou chybu měření tak, jak zobrazuje Graf 2, je patrné, že průměrná odchylka od x-ového bodu činí 0,023 m.

Odchylka od y-ového bodu je 0,022 m a odchylka od z-ového bodu neboli výšky rovná se úctyhodných 0,007 m.

Pro porovnání terénu, tedy konkrétně polohové nepřesnosti, jsou cca 2 cm řádově zanedbatelnou odchylkou a výškový rozdíl odpovídající hodnotě 7 mm se dá z hlediska trénu považovat téměř za přesný.



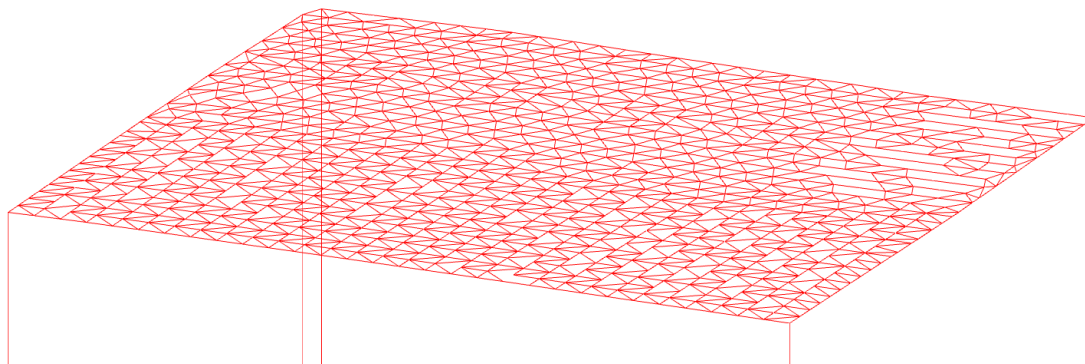
Graf 2 - Průměrná nepřesnost měření [vlastní zdroj]

5.1.2 Model terénu z nástroje BIMTech Tools

Na internetovém serveru <https://bimtech.cz/> lze najít a stáhnout si do počítače doplněk BIMTech Tools. Služba je zcela zdarma a poslouží k získání katastrální mapy do projektu. Doplněk je možné použít pro ArchiCAD od společnosti GRAPHISOFT, REVIT a pro AutoCAD od společnosti Autodesk, dále také třeba pro ZWCAD, ALLPLAN a SKETCHUP. Mně osobně nejlépe vyhovuje doplněk pro ArchiCAD, který nově umožňuje i stažení terénu. [2]

Pro stažení terénu jsme limitováni územím o rozměru 60 x 60 m. Vzhledem k terénu, který si potřebuji stáhnout, abych mohl modely terénů porovnat, mě toto omezení žádným způsobem nelimituje, a tak mohu vybraný model terénu plně využít.

V žádných materiálech jsem bohužel nedohledal, s jakou přesností je model, vytvořený pomocí nástroje BIMTech Tools, zpracovaný.



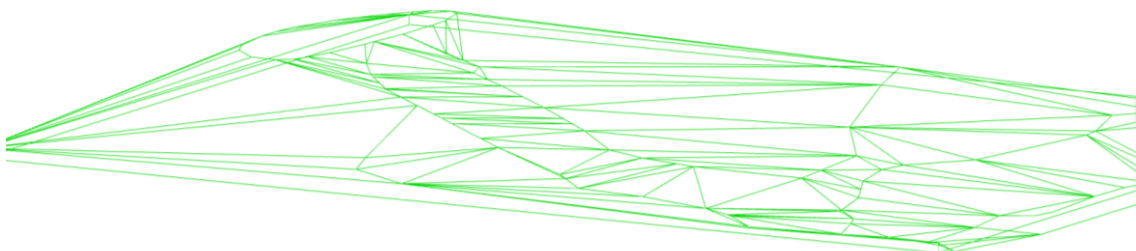
Obrázek 38 - Síťový model terénu z nástroje BIM Tools [vlastní zdroj]

5.1.3 Model terénu ze systému ZABAGED

Posledním modelem terénu, který pro své porovnání použiji, je model, který jsem získal od Zeměměřického úřadu, a to vzhledem k sepsání žádosti o zapůjčení dat.

Český zeměměřický úřad se sídlem Praha 8 mi zapůjčil data na jeden rok. Vše proběhlo na základě zpracované objednávky pomocí e-shopu Geoportálu internetových stránek www.cuzk.cz. Při využití těchto dat je proto nutné uvádět odkaz na „Mapový podklad © Český úřad zeměměřický a katastrální, www.cuzk.cz“.

Prostřednictvím získaných dat, tj. vrstevnic, jsem si vytvořil model terénu viz Obrázek 39. Vrstevnice, které jsem získal, jsou bohužel pouze v odstupové výškové vzdálenosti 2 m. V případě, že vytváříme model terénu na části území, kde se nachází mírné převýšení, získáme dosti nepřesný výsledek.



Obrázek 39 - Síťový model terénu – ZABAGED [vlastní zdroj]

5.2 Porovnání vodovodní přípojky

Z výpočtu pomocí matematické metody i z výpočtu pomocí CAD systému je patrné, že jsme získali **shodné hodnoty a to 59,70m³**. Vzhledem k této shodě se dají výsledky získané z CAD systému považovat za stejně přesné, jako výsledky získané při výpočtu pomocí matematické metody.

Stejně tak, jako při výpočtu matematickou metodou bude vždy záležet na přesnosti vstupních hodnot, tak bude i u modelu záležet na přesnosti jeho sestavení.

5.2.1 Porovnání modelů výkopku

V této podkapitole se po dlouhém a urputném snažení konečně dostávám k jádru věci, a to k porovnání všech použitých modelů výkopku. Nyní mohu začít zjišťovat jejich rozdíly.

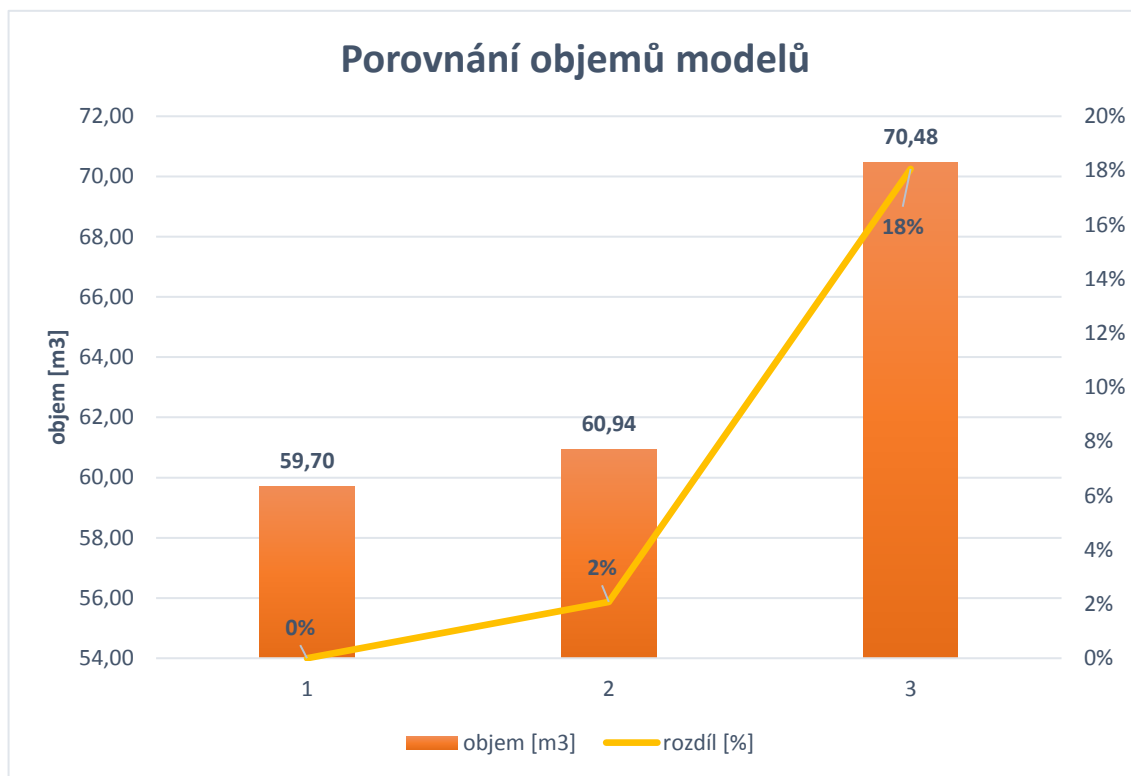
Pro porovnání výsledků použiji Obrázek 31, Obrázek 33 a dále také Obrázek 35. Všechny modely uvedeny na obrázcích jsem vytvořil pomocí CAD souboru.

Model označený číslem jedna (Obrázek 31) je model vytvořený dle projektových podkladů.

Model označený číslem dvě (Obrázek 31) vznikl zpracováním modelu z měřených bodů, které mají přibližné rozestupy 35 cm. Pro tento model jsem změřil celkem 647 bodů.

Posledním modelem je Obrázek 35. Tento model označuji číslem tři. Jedná se model, který obsahuje přibližně poloviční počet bodů než model předchozí, a to konkrétně 324 bodů.

Nyní porovnám získané modely s matematicky vypočítaným modelem a určím jejich rozdíl.



Graf 3 - Porovnání modelů výkopku [vlastní zdroj]

V grafu můžeme vidět (Graf 1), že matematický model a model vytvořený v CAD systému dle projektové dokumentace jsou vzájemně totožné a jejich odlišnost činí nula procent.

Skvělý výsledek jsem zaznamenal také u modelu, který byl zpracován pomocí měření. Jedná se především o model číslo dva, jenž se od původního liší pouze ve dvou procentech.

Snížením počtu měřených bodů na polovinu došlo ke značnému zhoršení výsledku, avšak orientačně ho lze považovat za uspokojivý.

Výsledky získané porovnáním těchto modelů lze shrnout takto: „Pro výpočet lze měření pomocí GNSS stanice použít. Důležité však je, jak přesné informace zpracovatel

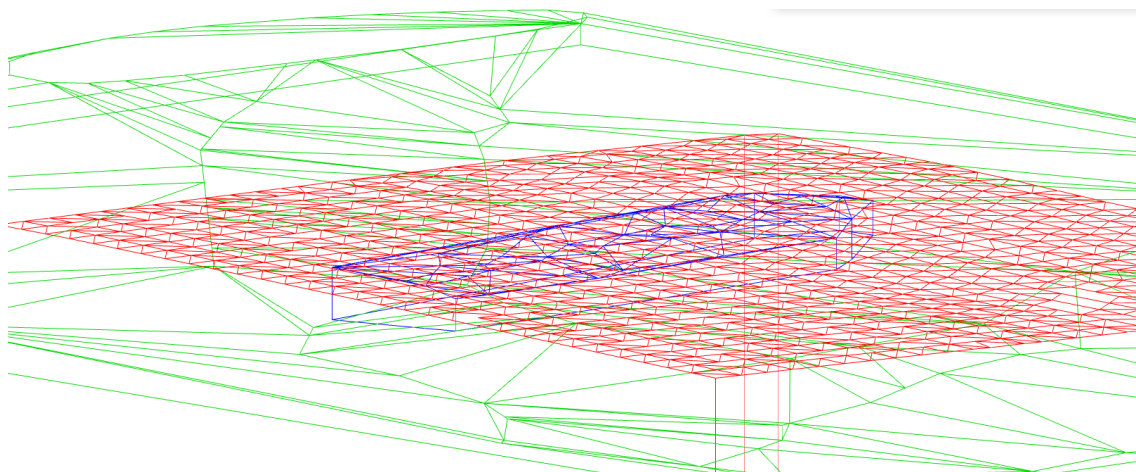
využije k vytvoření vhodné sítě, ze které bude vytvořeno pole pro měřené body. Velmi záleží také na získaných zkušenostech v této oblasti. Pokud zpracovatel dokáže vhodně odhadnout lomové body v terénu, může se výsledkem přiblížit skutečnosti více, a to i v případě menšího počtu měřených bodů.“

5.3 Porovnání modelu terénu

Pokud jsem si jako úkol stanovil porovnat mezi sebou tři výše uvedené terény, musím si je nejprve zobrazit všechny současně. To můžu provést pomocí síťového modelu tak, jak uvádí Obrázek 40, nebo díky modelu 3D tak, jak ukazuje Obrázek 41.

Pro orientaci v následujících postupech si označím modely barvami.

- 1) Model terénu získaný měřeným GNSS stanicí bude MODRÝ.
- 2) Model terénu získaný nástrojem BIMTech bude ČERVENÝ.
- 3) Model terénu získaný vrstevnicemi ze systému ZABAGED bude ZELENÝ.

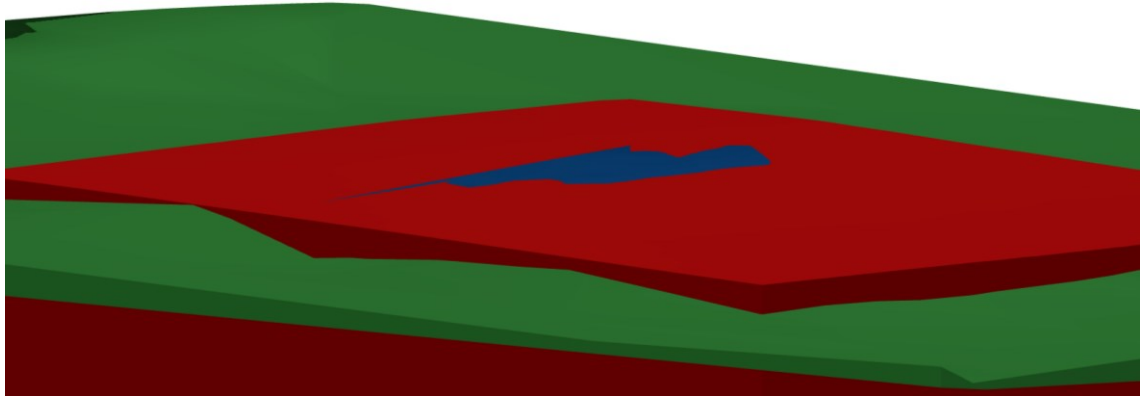


Obrázek 40 - Porovnání síťových modelů [vlastní zdroj]

Jestliže si prohlédnu všechny tři modely terénu v síťovém zobrazení, nejsem schopen jednoznačně říci, zda jsou terény navzájem si odpovídající. Je to dáno především tím, že v síťovém modelu jsou uvedeny pouze lomové body a uzly spojující tyto body. Pro porovnání bude tedy lepší využít model 3D.

Na 3D zobrazení je lépe vidět rozdíl, a to především mezi zeleným a červeným modelem terénu. Stále ovšem není jasné, jak je to v porovnání mezi červeným a modrým

modelem, a také mezi modrým a zeleným modelem terénu. Jako nejlepší variantu pro porovnávání modelů shledávám nutnost provést řezy.

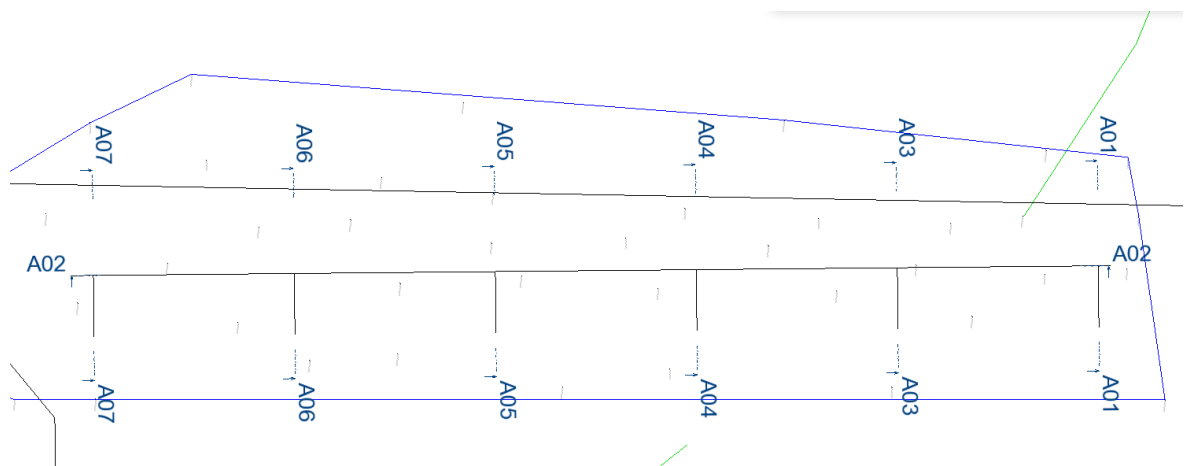


Obrázek 41 - Porovnání 3D modelů terénu [vlastní zdroj]

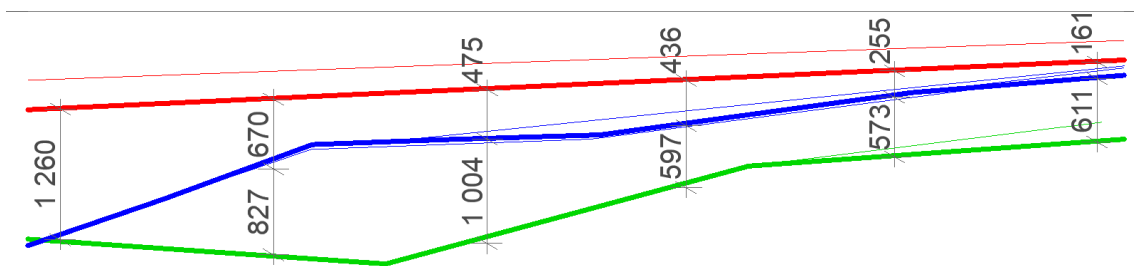
Pro přesné porovnání si tedy vytvořím příčné řezy.

Nejprve zvolím začátek porovnávaného terénu, který bude v místě řezu A01 a budu mu říkat staničení 0.

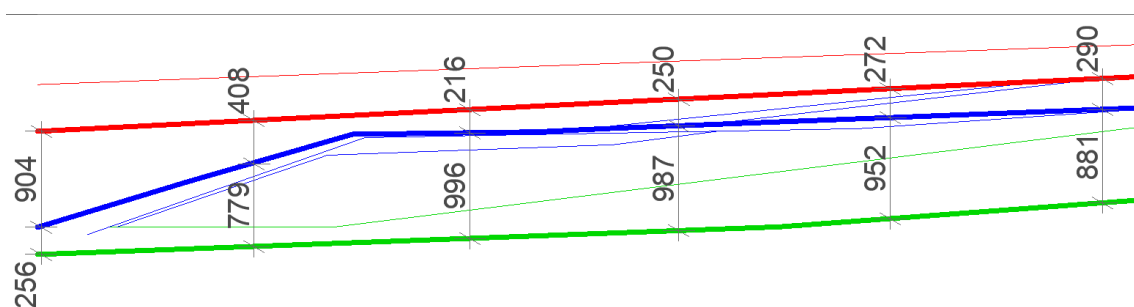
Následně po 2 m provedu dalších 5 řezů, tak jak ukazuje Obrázek 42, tedy řezy A03, které nazvu jako staničení 2, řez A04, kterému budu říkat staničení 4, řez A05 je staničením 6, řez A06 označuji staničením 8 a řez A07 je uveden jako staničení 10.



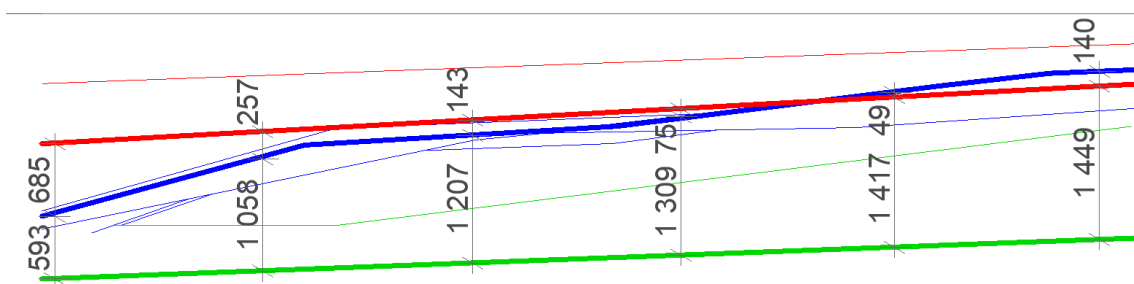
Obrázek 42 - Půdorysné zobrazení modelu terénu [vlastní zdroj]



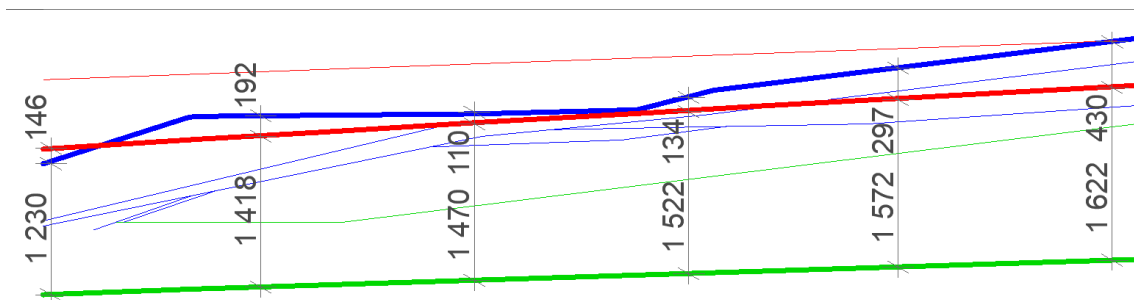
Obrázek 43 – Příčný řez terénu A01 [vlastní zdroj]



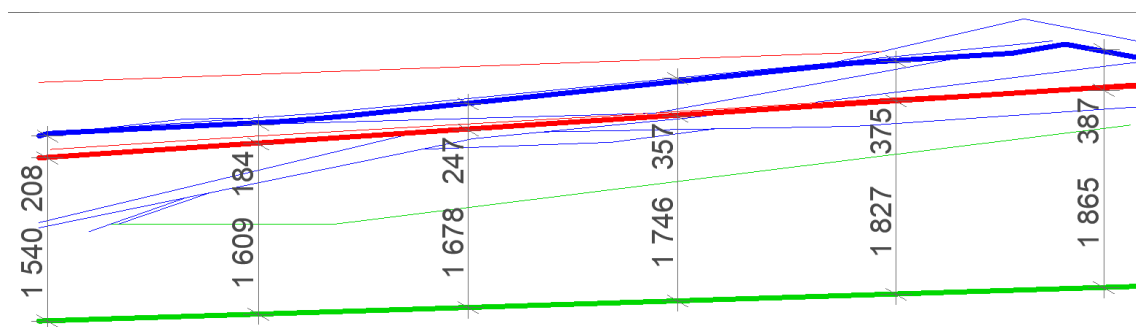
Obrázek 44 - Příčný řez terénu A03 [vlastní zdroj]



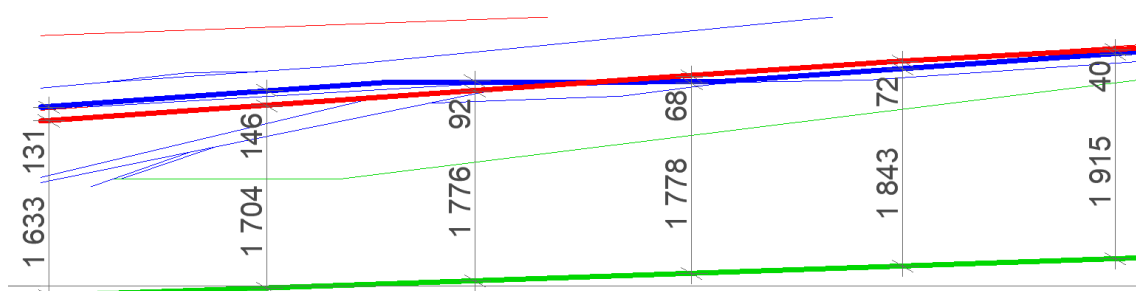
Obrázek 45 - Příčný řez terénu A04 [vlastní zdroj]



Obrázek 46 - Příčný řez terénu A05 [vlastní zdroj]



Obrázek 47 - Příčný řez terénu A06 [vlastní zdroj]



Obrázek 48 - Příčný řez terénu A07 [vlastní zdroj]

5.3.1 Porovnání modelu terénu (měřeného a BIMTech)

Při pohledu na jednotlivé řezy jsou vidět značné rozdíly v modelech terénu. Na první pohled je patrné, že měřenému (modrému) modelu terénu se mnohem více přibližuje model získaný z nástroje BIMTech (červený).

V některých případech se jedná o skutečně drobné odchylky, které se pohybují jen v řádech několika centimetrů, jak je vidět například při pohledu na Obrázek 45 nebo při pohledu na Obrázek 48, kde je průběh modelu terénu téměř identický.

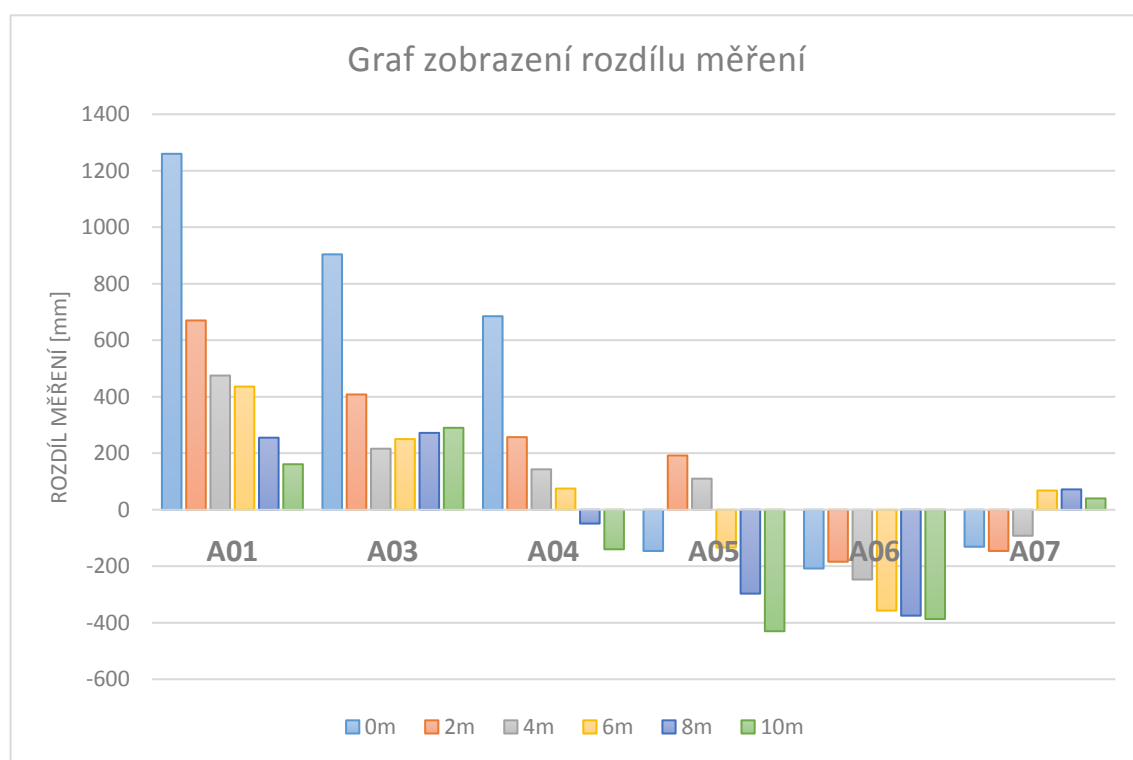
V případě porovnání modelu (modrého) získaného měřením a červeného modelu (z nástroje BIMTech) je ovšem možné pozorovat velké odchylky, které se už pohybují v řádech metrů, např. staničení 0 viz Obrázek 43 a Obrázek 44.

Pro přehledné zhodnocení řezů a odchylek si srovnám veškerá data do tabulky:

Tabulka 3 - Porovnání řezů mezi měřeným terénem a modelem BIMTech [vlastní zdroj]

řez/délka	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	průměr
A01	1260	670	475	436	255	161	543
A03	904	408	216	250	272	290	390
A04	685	257	143	75	-49	-140	162
A05	-146	192	110	-134	-297	-430	-118
A06	-208	-184	-247	-357	-375	-387	-293
A07	-131	-146	-92	68	72	40	-32
průměr	394	200	101	56	-20	-78	

Z výsledné tabulky lze lehce vyčíst průměrné rozdíly, jak v jednotlivých příčných řezech, tak ve stejném staničení všech řezů neboli pomyslném podélném řezu. V tabulce vidíme, že největší rozdíly jsou ve staničení 0–4 m, ve staničení 6–10 m se mnohem více přibližují skutečnému terénu. Patrně je to dáno tím, že v místě staničení 0–4 je vytvořený svah, který ovšem není v digitální formě nikde zaznamenán, ale v průběhu fyzického měření opomenut nebyl.



Graf 4 - Graf zobrazení rozdílu měření GNSS stanic a modelem BIMTech [vlastní zdroj]

Kompletně zpracovaná data tak, jak je zobrazuje Tabulka 3 jsem následně přepracoval do grafu. Graf 4 ukazuje rozdíl modelu terénu získaného z nástroje BIMTech od měřeného terénu, a to ve všech řezech a všech staničení.

Z grafu je celkem patrné, kolik bodů se přibližuje ideální hranici, za kterou je považována nula. Vzhledem k získaným výsledkům, mohu říci, že modely terénů jsou identické.

5.3.2 Porovnání modelu terénu (měřeného a ZABAGED)

Při porovnání modelu terénu vzniklého měřením a modelu terénu získaného z vrstevnic systému ZABAGED je na první pohled patrné, že modely vykazují velké odlišnosti. Pouze v ojedinělém případě jde o malé odchylky, přesněji v jednom jediném případě je odchylka nulová, jak je vidět při pohledu na Obrázek 43.

Při srovnání modelů jsou patrné velké odchylky, které se pohybují v rozmezí jeden až dva metry.

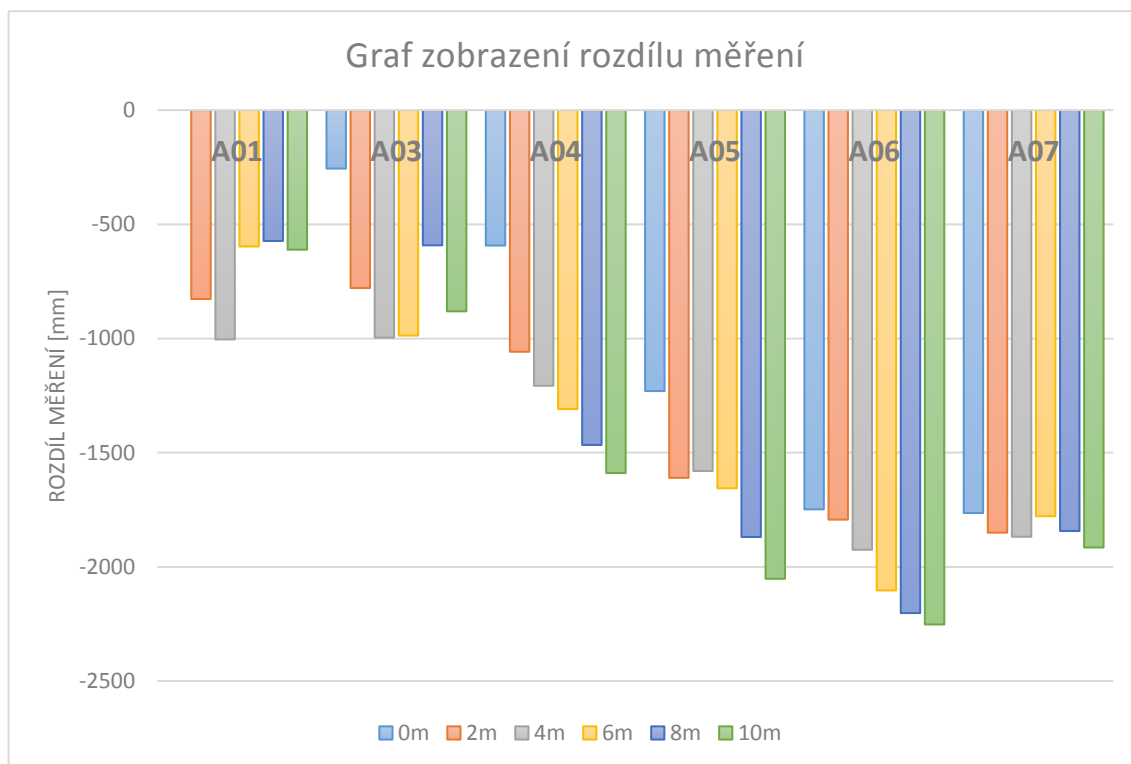
Pro přehledné zhodnocení řezů a odchylek si opět srovnám veškerá data do tabulky:

Tabulka 4 - Porovnání řezů mezi měřeným terénem a modelem ZABAGED [vlastní zdroj]

řez/délka	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	průměr
A01	0	-827	-1004	-597	-573	-611	-602
A03	-256	-779	-996	-987	-592	-881	-749
A04	-593	-1058	-1207	-1309	-1466	-1589	-1204
A05	-1230	-1610	-1580	-1656	-1869	-2052	-1666
A06	-1748	-1793	-1925	-2103	-2202	-2252	-2004
A07	-1764	-1850	-1868	-1778	-1843	-1915	-1836
průměr	-932	-1320	-1430	-1405	-1424	-1550	

Rovněž z této výsledné tabulky lze vyčíst rozdíly na jednotlivých příčných řezech. Z tabulky je jasné viditelné, že rozdíly v řezu A01 a A03 jsou řádově půl a tři čtvrtě metru, To jest případ těch lepších hodnot.

Dále se modely terénu celkem rozcházejí. V řezech A06 a A07 můžeme dokonce hovořit o rozdílech dvou metrů, což se dá považovat za informace velice nepřesné, s nimiž nemá hlubší význam dále pracovat.



Graf 5 - Graf zobrazení rozdílu měření GNSS stanicí a modelem ZABAGED [vlastní zdroj]

Kompletně zpracovaná data tak, jak je zobrazuje Tabulka 4, jsem stejně jako v předchozím kroku zapracoval do grafu. Graf 5 zobrazuje rozdíl modelu terénu získaného z vrstevnic systému ZABAGED od měřeného terénu, a to ve všech řezech a všech staničení.

Z grafu je celkem patrné, že hodnoty získané z modelu ZABAGED se identickému modelu měření, což je nulový rozdíl, zdaleka nepřibližují.

5.3.3 Porovnání modelu terénu (ZABAGED a BIMTech)

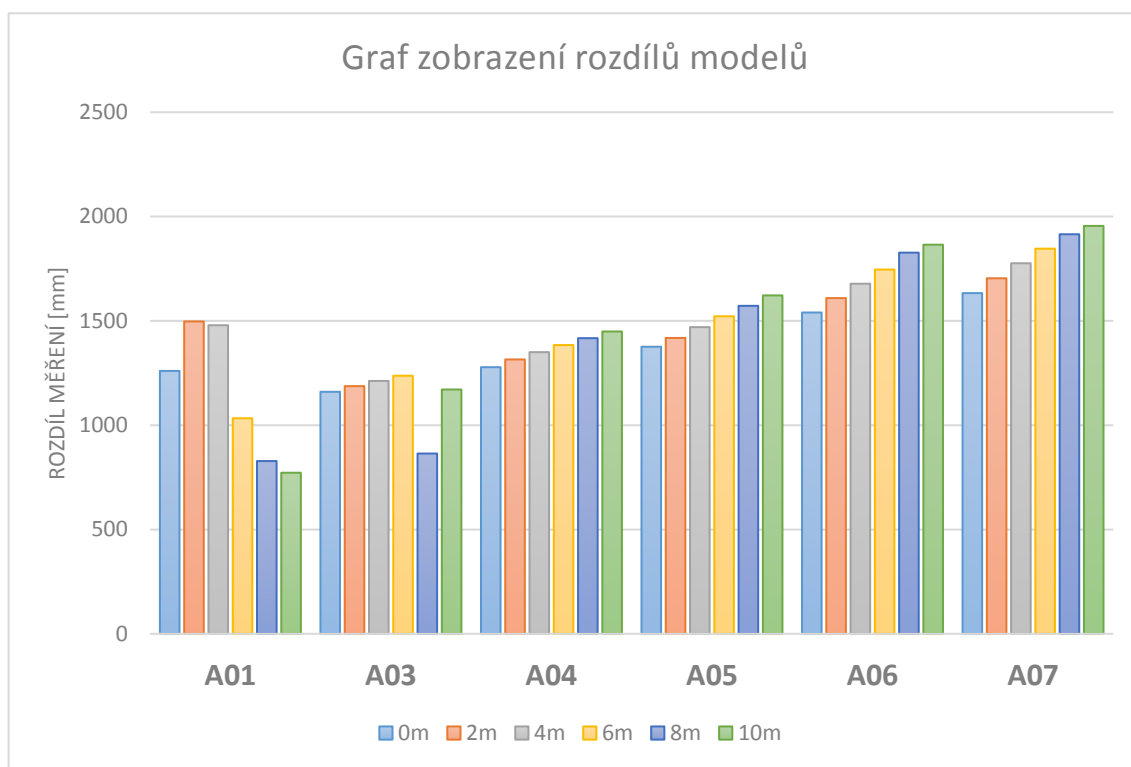
Pro úplnost provedu ještě porovnání modelů získaných ze systému ZABAGED a BIMTech nástrojů.

S odkazem na výše uvedené porovnávání modelů, zde nelze očekávat žádné identické výsledky. Z řezů je patrné, že rozdíly se budou pohybovat řádově mezi jedním až dvěma metry.

Tabulka 5 - Porovnání modelů ZABAGED a BIMTech [vlastní zdroj]

řez/délka	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	průměr
A01	1260	1497	1479	1033	828	772	1145
A03	1160	1187	1212	1237	864	1171	1139
A04	1278	1315	1350	1384	1417	1449	1366
A05	1376	1418	1470	1522	1572	1622	1497
A06	1540	1609	1678	1746	1827	1865	1711
A07	1633	1704	1776	1846	1915	1955	1805
průměr	1375	1455	1494	1461	1404	1472	

Po sestavení tabulky vidíme, že průměrné hodnoty vždy převyšují jeden metr a častokrát se přibližují k hranici metrů dvou. Nejnižší hodnota je 828 mm, což je bod, ve kterém se modely terénu k sobě přibližují nejvíce.



Graf 6 - Graf zobrazení rozdíl modelů ZABAGED a BIMTech [vlastní zdroj]

Ve zpracovaném grafu (Graf 6) vidíme velké rozdíly obou terénů, a to jak v jednotlivých řezech, tak i v jednotlivém staničení. Přiblížení se k ideální hranici, kterou je

nula neboli totožný terén, budeme v tomto grafu hledat marně, protože modely terénů jsou skutečně velice rozdílné. Veškeré rozdíly číselně popisuje Tabulka 5.

6 ZÁVĚR

Náplň cíle mé diplomové práce je možné rozdělit do dvou rovin. V první řadě pro mě bylo důležité získat informace a vědomosti o principu a postupu měření pomocí GNSS stanice a možném způsobu zpracování získaných dat do digitálního modelu terénu. Na základě těchto poznatků jsem mohl plnit druhou část svého cíle, a to následně posoudit, zdali zpracování prostřednictvím digitálního modelu může nahradit matematický výpočet. Mezi těmito dvěma rovinami jsem zažil vzrušující pocit z toho, že mohu stanici na měření osobně vyzkoušet, držet ji tzv. „v ruce“ a naučit se s ní zacházet, což se mi do budoucna v oblasti profesionálního růstu velmi hodí.

Na základě sepsání teoretické části jsem získal dosti potřebné informace o digitálních modelech terénu, které následně využívám ve své praktické části. Rovina teoretická a praktická se tak v mé práci skvěle doplňují, jedna bez druhé by pro mne, člověka teprve se seznamujícího s GNSS stanicí, neměla význam.

V úvodní části práce jsem provedl multikriteriální analýzu, která posloužila naší společnosti pro výběr nejvhodnějšího zařízení na zpracování dat. Výsledkem této analýzy bylo zvolení vhodného typu GNSS stanice, kterou do společnosti pořídíme. S nově pořízenou GNSS stanicí jsem se musel nejprve teoreticky seznámit, abych mohl provést měření odpovídající postupům pro měření s GNSS stanicemi.

Pro splnění úkolu do praktické části jsem si zvolil výkopek určený pro vedení trasy vodovodní přípojky. Výběr jsem provedl na základě toho, že se jedná o jednoduchý geometrický obrazec. Díky tomu jsem mohl lehce zjistit jeho objem pomocí matematického výpočtu. Výkopek jsem změřil také pomocí právě zakoupené GNSS stanice.

Z důvodů, že jsem chtěl ze zaměřených bodů vytvořit digitální model terénu a porovnal ho s matematickým výpočtem výkopku, jsem zvolil poměrně hustou síť bodů (cca 30–40 cm). Zaznamenané body pomocí GNSS stanice jsem změřil s výškovou nepřesností 7 mm, což je hodnota pro tyto zařízení standardní, dokonce by se dalo říci, že velice dobrá.

Při porovnávání výsledků jsem zjistil, že matematický výpočet se od takto změřeného modelu liší pouze o 2 %, což by mohlo být způsobeno tím, že práce na výkopku jsou prováděné strojní technikou, tedy bagrem, v jehož případě nelze provádět výkop na milimetr přesně dle zadaných projektových podkladů.

Jelikož se jednalo o celkem malé území a měření prostřednictvím takto husté sítě bylo poměrně časově náročné, rozhodl jsem se, že si pro srovnání vytvořím ještě jeden model, který bude oproti původnímu zjednodušený. Druhý model obsahuje jen polovinu měřených bodů. Rozestup bodů tak tvoří síť cca 70–80 cm na 70–80 cm. U tohoto modelu se výsledky začaly rozcházet a rozdíl zde činí 18 % od matematického výpočtu a 16 % vzhledem k prvnímu modelu. I v tomto případě však hraje jistou roli v nepřesnosti ta skutečnost, že výkop byl proveden bagrem. Podstatnou odchylku shledávám v tom, že jsem nezaznamenal dobře lomové body. Soudím, že pokud by se mi podařilo lomové body lépe zpracovat, mohla by i tato síť přinést uspokojivé výsledky, konkrétně takové, že by se rozdíl měl blížit hodnotě pod 10 %.

Účelem práce, není pouze nahrazení jednoduchých matematických výpočtů pomocí CAD systému, ale také získání informací o složitějších geometrických obrazech, jejichž součástí může být i část stávajícího terénu. Z tohoto důvodu jsem zjišťoval, zda je možné použít i některý z dostupných digitálních modelů terénu a nahradit tak zaměření původního stavu terénu před jeho úpravami. Porovnání jsem provedl na modelu terénu získaného z nástroje BIMTech, a také z dalšího již vytvořeného modelu terénu získaného pomocí e-shopu Geoportál internetových stránek www.cuzk.cz, tedy z vrstevnic systému ZABAGED.

Po důkladném prozkoumání a srovnání těchto dvou modelů terénu s výsledky mého měření, jsem došel k závěru, že ani jeden z těchto digitálních modelů terénu nelze použít, jako výchozí terén určený k následnému zpracování pro získání potřebných hodnot, jež by mohly nahradit matematické výpočty.

S klidným svědomím mohu prohlásit, že se mi podařilo naplnit stanovený cíl diplomové práce. Vzhledem k obsahu, rozsahu a časové náročnosti zpracování úkolu, který jsem si sám zvolil, mám v problematice měření a výpočtu výkopů v terénu značný přehled. Získal jsem mnoho nových, užitečných a použitelných zkušeností a v neposlední řadě jsem si rozšířil své vědomosti stávající.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *ArchiCad* [online]. Česká republika: Wikipedia, 2017 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>
- [2] *BIM Technology s.r.o.* [online]. Česká republika: BIM Technology s.r.o., 2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://bimtech.cz/>
- [3] *ČÚZK: GNSS - informace pro zeměměřiče* [online]. b.r. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/GNSS-informace-pro-zememerice.aspx>
- [4] *ČÚZK: Permanentní stanice* [online]. Praha: ČÚZK, 2017 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/Permanentni-stance/Permanentni-stance.aspx>
- [5] *Digitální modely terénu (DMT): 3D modely povrchu a reliéfu* [online]. Praha 5: G4D, s.r.o., 2013 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.g4d.cz/digitalni-3d-modely/digitalni-modely-terenu>
- [6] *FOCUS 30* [online]. Pardubice: Geoobchod, 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://geoobchod.cz/spectra-precision-focus-30-motorizovana-bezhranolova-totalni-stance-C-318-D-2124.html>
- [7] *Geoportal ČÚZK – Datové sady / ZABAGED® - polohopis* [online]. Česká Republika: ČÚZK, 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(djzynaafccv1wkkgk1gah2ds2x\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(djzynaafccv1wkkgk1gah2ds2x))/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)
- [8] *Globální navigační satelitní systémy (GNSS)* [online]. Praha: ČVUT - Fakulta stavební, 2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS_obs.pdf

- [9] *GNSS - informace pro zeměměřiče* [online]. Česká Republika: ČÚZK, 2017 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/GNSS-informace-pro-zememerice.aspx>
- [10] *GNSS SOUTH GALAXY G1 s S10* [online]. Pardubice: Geoobchod, 2018 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <http://geoobchod.cz/south-surveying-gnss-prijimac-south-galaxy-g1-s-s10-a-survce-4-C-352-D-302307.html>
- [11] *GNSS SOUTH S-82T + S10 se SurvCE* [online]. Pardubice: Geoobchod, 2018 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <http://geoobchod.cz/south-surveying-gnss-south-s-82t+-s10-se-survce-zaruka-36-mesicu-C-352-D-2031.html>
- [12] KALINA, Jiří, Sloupová K. a Véreši M. *Správným směrem* [online]. 2014 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://spravnym.smerem.cz/Tema/Multikriteri%C3%A1ln%C3%AD%20anal%C3%BDza>
- [13] *Měřicí technika pro geodety* [online]. Brno: GEOPEN, s.r.o., 2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://www.merim.cz/katalog/merici-technika-a-geodeticke-pristroje>
- [14] *Nivalace* [online]. Česká republika: Wikipedia, 2017 [cit. 2018-01-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Nivelace>
- [15] *Poměrová analýza: Vlastní cesta* [online]. Brno: Vlastní cesta s.r.o., 2012 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pomerova-analyza/>
- [16] Praha: www.czechspaceportal.cz, 2017 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz>
- [17] *Systémy GNSS* [online]. b.r. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/231/02.html>
- [18] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Josef WEIGEL a Jan FIXEL. *Základy GPS a jeho praktické aplikace*. Brno: CERM, 1995. ISBN 80-214-0620-8.

- [19] *Tachymetria* [online]. Slovenská republika: <http://www.sgs.edu.sk>, 2016 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia2_1.htm
- [20] *Úvod do geografických informačních systémů (GIS)* [online]. Praha: ZČU, 2017 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/msgisu06s04cz/default.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Seznam použitých zkratk v abecedním pořadí.

2D	2 dimensional, dvojrozměrný
3D	3 dimensional, trojrozměrný
aj.	a jiné
atd.	a tak dále
Bc.	bakalář
BIM	Building Information Modeling
CAD	computer-aided design
cm	centimetr
COM	Sériové rozhraní portu
č.	číslo
ČGS	Česká geologická služba
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DBP	databáze bodových polí
DEM	Digitální výškový model
DMS	Digitální model povrchu
DMT	Digitální model terénu
DWG	nativní formát souborů (výkresů)
DXF	Drawing Interchange Format,
EU	Evropská unie
GNSS	Global navigation satelit systém
GPS	Global position systém
GRID	3D topografická interpretace povrchu mřížkou
GSM	Global System for Mobile Communications

Hz	Hertz
INFO	informace
ISKN	Informační systém katastru nemovitostí
JTSK	jednotná trigonometrická síť katastrální
km	kilometr
m	metr
MB	megabite
např.	například
NTS	Navigation Technology Satellite
PC	počítač
PDOP	Position Dilution Of Precision
PNS	plošné nivelační síť
pozn.	poznámka
PPBP	podrobné polohové bodové pole
příp.	případně
RTK	Real Time Kinematics
Sb.	Sbírka
TB	trigonometrické body
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný
USB	Universal Serial Bus
vč.	včetně
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
WGS	World Geodetic System
ZABAGED	Základní báze geografických dat

ZhB	zhušťovací body
ZNB	základní nivelační body

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 - UKÁZKY NABÍDKY GPS A GNSS PŘÍSTROJŮ [10]	12
OBRÁZEK 2 - GNSS S-82T [11].....	13
OBRÁZEK 3 – GNSS GALAXY G1 [10]	15
OBRÁZEK 4 - MASTERPRO MOBILE S10 [11]	16
OBRÁZEK 5 - GNSS GALAXY G6 [10].....	17
OBRÁZEK 6 - GPS ZÁZNAMNÍK SOUTH X11[10]	19
OBRÁZEK 7 - TOTÁLNÍ STANICE FOCUS 30 [6]	19
OBRÁZEK 8 – ANALÝZA [15]	21
OBRÁZEK 9 - MAPA STANIC GNSS V ČR [4]	24
OBRÁZEK 10: POHLED NA POČÍTAČ STAR ŘADY S-82T (ROVER) [VLASTNÍ ZDROJ]	30
OBRÁZEK 11: STAR ŘADY S-82T SPODNÍ ROZHRANÍ (ROVER) [VLASTNÍ ZDROJ]	31
OBRÁZEK 12:STAR ŘADY S-82T – TLAČÍTKA A SVĚTELNÉ INDIKÁTORY [VLASTNÍ ZDROJ]	31
OBRÁZEK 13: INDIKÁTOR VESTAVĚNÉHO NAPÁJENÍ [VLASTNÍ ZDROJ]	32
OBRÁZEK 14: INDIKÁTOR EXTERNÍHO NAPÁJENÍ [VLASTNÍ ZDROJ]	32
OBRÁZEK 15: INDIKÁTOR BLUETOOTH [VLASTNÍ ZDROJ]	32
OBRÁZEK 16: INDIKÁTOR STAVU [VLASTNÍ ZDROJ]	33
OBRÁZEK 17: INDIKÁTOR DATOVÉHO SPOJENÍ [VLASTNÍ ZDROJ]	33
OBRÁZEK 18 - STATICKÝ MÓD [VLASTNÍ ZDROJ]	36
OBRÁZEK 19 - MÓD ROVER + VESTAVĚNÉ RÁDIO [VLASTNÍ ZDROJ]	36
OBRÁZEK 20 - MÓD ROVER + GPRS/GSM [VLASTNÍ ZDROJ]	37
OBRÁZEK 21 - MÓD ROVER + EXTERNÍ RÁDIO [VLASTNÍ ZDROJ]	37
OBRÁZEK 22 - ZÁKLADNÍ MÓD + EXTERNÍ RÁDIO [VLASTNÍ ZDROJ]	37
OBRÁZEK 23 - ZÁKLADNÍ MÓD + GPRS/GSM [VLASTNÍ ZDROJ]	38
OBRÁZEK 24 - UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ - VÝBĚR ZAKÁZKY [VLASTNÍ ZDROJ]	39
OBRÁZEK 25 - UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ - NASTAVENÍ PŘÍSTROJE (GPS ROVER) [VLASTNÍ ZDROJ]	41
OBRÁZEK 26 - UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ - MĚŘENÍ BODŮ [VLASTNÍ ZDROJ]	44
OBRÁZEK 27 - STRUKTURA DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU [16].....	48
OBRÁZEK 28 : ŘEZ VÝKOPU 1.ČÁSTI [VLASTNÍ ZDROJ]	57
OBRÁZEK 29 - MODEL VÝKOPU (ARCHICAD) [VLASTNÍ ZDROJ]	58
OBRÁZEK 30 - MODEL VÝKOPKU (ARCHICAD) [VLASTNÍ ZDROJ]	59
OBRÁZEK 31 - KOMPLETNÍ INFORMACE O PRVCÍCH [VLASTNÍ ZDROJ]	59
OBRÁZEK 32 - SÍŤOVÝ MODEL VÝKOPKU [VLASTNÍ ZDROJ]	61
OBRÁZEK 33 - 3D MODEL VÝKOPKU S INFORMACEMI [VLASTNÍ ZDROJ]	61
OBRÁZEK 34 - SÍŤOVÝ MODEL VÝKOPKU S MĚNĚ BODY [VLASTNÍ ZDROJ]	62
2018	88

OBRÁZEK 35 - 3D MODEL VÝKOPKU S INFORMACEMI [VLASTNÍ ZDROJ]	63
OBRÁZEK 36 - 3D MODEL A SÍŤOVÝ MODEL SLOŽITĚJŠÍHO OBRAZCE [VLASTNÍ ZDROJ]	64
OBRÁZEK 37 - SÍŤOVÝ MODEL ZMĚŘENÉHO TERÉNU [VLASTNÍ ZDROJ].....	65
OBRÁZEK 38 - SÍŤOVÝ MODEL TERÉNU Z NÁSTROJE BIM TOOLS [VLASTNÍ ZDROJ]	68
OBRÁZEK 39 - SÍŤOVÝ MODEL TERÉNU – ZABAGED [VLASTNÍ ZDROJ]	69
OBRÁZEK 40 - POROVNÁNÍ SÍŤOVÝCH MODELŮ [VLASTNÍ ZDROJ]	71
OBRÁZEK 41 - POROVNÁNÍ 3D MODELŮ TERÉNU [VLASTNÍ ZDROJ]	72
OBRÁZEK 42 - PŮDORYSNÉ ZOBRAZENÍ MODELU TERÉNU [VLASTNÍ ZDROJ]	72
OBRÁZEK 43 – PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A01[VLASTNÍ ZDROJ].....	73
OBRÁZEK 44 - PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A03 [VLASTNÍ ZDROJ].....	73
OBRÁZEK 45 - PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A04 [VLASTNÍ ZDROJ].....	73
OBRÁZEK 46 - PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A05 [VLASTNÍ ZDROJ].....	73
OBRÁZEK 47 - PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A06 [VLASTNÍ ZDROJ].....	74
OBRÁZEK 48 - PŘÍČNÝ ŘEZ TERÉNU A07 [VLASTNÍ ZDROJ].....	74

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 - MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA [VLASTNÍ ZDROJ]	23
TABULKA 2 - VÝHODY A NEVÝHODY SYSTÉMU ZABAGED	51
TABULKA 3 - POROVNÁNÍ ŘEZŮ MEZI MĚŘENÝM TERÉNEM A MODELEM BIMTECH [VLASTNÍ ZDROJ]	75
TABULKA 4 - POROVNÁNÍ ŘEZŮ MEZI MĚŘENÝM TERÉNEM A MODELEM ZABAGED [VLASTNÍ ZDROJ]	76
TABULKA 5 - POROVNÁNÍ MODELŮ ZABAGED A BIMTECH [VLASTNÍ ZDROJ]	78

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1 - ZOBRAZENÍ NEPŘESNOSTI MĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH BODŮ [VLASTNÍ ZDROJ]	66
GRAF 2 - PRŮMĚRNÁ NEPŘESNOST MĚŘENÍ [VLASTNÍ ZDROJ]	67
GRAF 3 - POROVNÁNÍ MODELŮ VÝKOPKU [VLASTNÍ ZDROJ]	70
GRAF 4 - GRAF ZOBRAZENÍ ROZDÍLŮ MĚŘENÍ GNSS STANICÍ A MODELEM BIMTECH [VLASTNÍ ZDROJ]	75
GRAF 5 - GRAF ZOBRAZENÍ ROZDÍLU MĚŘENÍ GNSS STANICÍ A MODELEM ZABAGED [VLASTNÍ ZDROJ]	77
GRAF 6 - GRAF ZOBRAZENÍ ROZDÍL MODELŮ ZABAGED A BIMTECH [VLASTNÍ ZDROJ]	78

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Technická zpráva měření terénu před zahájením prací

Příloha č. 2 – Technická zpráva měření výkopku (pouze na přiloženém CD)